

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-280644

(43)Date of publication of application : 27.09.2002

(51)Int.Cl.

H01L 43/08

G01R 33/09

G11B 5/39

H01L 43/12

(21)Application number : 2001-083181

(71)Applicant : ALPS ELECTRIC CO LTD

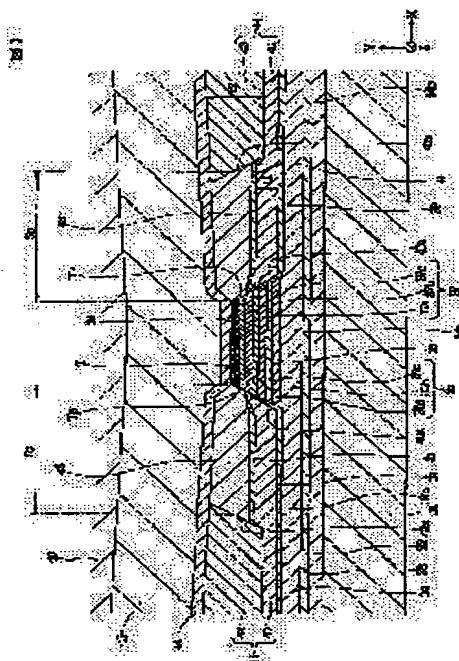
(22)Date of filing : 22.03.2001

(72)Inventor : HASEGAWA NAOYA  
NAKAZAWA YUKIE

## (54) MAGNETIC DETECTION ELEMENT AND ITS MANUFACTURING METHOD

(57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To solve the problem that coercive force and square ratio in a hard bias layer and stability in a bias magnetic field are reduced when the hard bias layer is thinned although the hard bias layer has to be thinned for obtaining sufficient reproduction sensitivity when reproduction track width becomes narrow in the conventional magnetic detection element.  
**SOLUTION:** A second hard bias layer 42 is laminated at a position apart from a multilayer film T on a thin first hard bias layer 40 by specific distance.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

27.02.2003

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's

BEST AVAILABLE COPY

decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号  
特開2002-280644  
(P2002-280644A)

(43) 公開日 平成14年9月27日 (2002.9.27)

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	タームコード* (参考)
H 0 1 L 43/08		H 0 1 L 43/08	Z 2 G 0 1 7
G 0 1 R 33/09		G 1 1 B 5/39	5 D 0 3 4
G 1 1 B 5/39		H 0 1 L 43/12	
H 0 1 L 43/12		G 0 1 R 33/06	R

審査請求 未請求 請求項の数20 O L (全 28 頁)

(21) 出願番号 特願2001-83181(P2001-83181)

(22) 出願日 平成13年3月22日 (2001.3.22)

(71) 出願人 000010098

アルプス電気株式会社

東京都大田区雪谷大塚町1番7号

(72) 発明者 長谷川 直也

東京都大田区雪谷大塚町1番7号 アルプス電気株式会社内

(72) 発明者 中澤 由紀恵

東京都大田区雪谷大塚町1番7号 アルプス電気株式会社内

(74) 代理人 100085453

弁理士 野▲崎▼ 照夫

Fターム(参考) 2G017 AA01 AD54 AD62 AD65

5D034 BA04 BA05 BA08 BA09 BA12

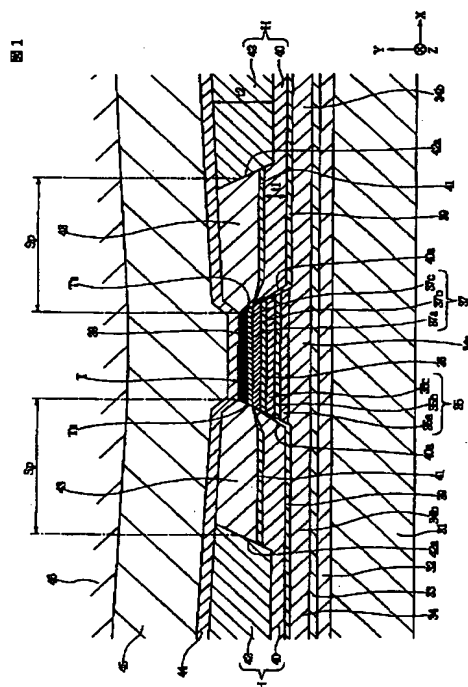
BA21 BB08 CA08 DA07

(54) 【発明の名称】 磁気検出素子及びその製造方法

(57) 【要約】

【課題】 従来の磁気検出素子では、再生トラック幅が狭くなるとハードバイアス層を薄くしないと十分な再生感度が得られないが、一方でハードバイアス層を薄くするとハードバイアス層の保磁力や角型比が低下し、バイアス磁界の安定性が低下した。

【解決手段】 薄い膜厚の第1ハードバイアス層40上に多層膜Tから所定距離はなれた位置に第2ハードバイアス層42を積層する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 反強磁性層、前記反強磁性層との交換結合磁界により磁化方向が固定される固定磁性層、非磁性材料層、及び磁化が外部磁界に対し変動するフリー磁性層を有する多層膜と、前記フリー磁性層の磁化方向を一定方向に揃えるためのハードバイアス層を有する磁気検出素子において、

前記ハードバイアス層は、前記多層膜側の側面が、前記多層膜の側面と直接接しているか、または前記多層膜の側面と非磁性材料からなるバイアス下地層を介して対向している第1ハードバイアス層と、前記第1ハードバイアスの上層または下層に直接接して積層され、前記多層膜側の側面が前記多層膜の側面から所定距離離れた位置にある第2ハードバイアス層とを有することを特徴とする磁気検出素子。

【請求項2】 前記第1ハードバイアス層の膜厚よりも前記第2ハードバイアス層の膜厚の方が厚い請求項1記載の磁気検出素子。

【請求項3】 前記第1ハードバイアス層は、前記多層膜側の側面が前記フリー磁性層の側面と、非磁性材料からなる膜厚1nm以下のバイアス下地層を介して対向している請求項1または2記載の磁気検出素子。

【請求項4】 前記第1ハードバイアス層上の一部と、前記第2ハードバイアス層上の全ての領域と重なる絶縁層が形成される請求項1ないし3のいずれかに記載の磁気検出素子。

【請求項5】 前記多層膜及び前記ハードバイアス層は、基板上に形成された磁性材料からなる下部シールド上に積層される絶縁性材料からなる下部ギャップ層上に形成され、前記多層膜及び前記ハードバイアス層上には絶縁性材料からなる上部ギャップ層と、前記上部ギャップ層上に積層される磁性材料からなる上部シールド層が形成され、

前記第1ハードバイアス層と前記第2ハードバイアス層のうち、前記第1ハードバイアス層のみと重なる領域における前記上部シールド層と前記下部シールド層間の距離を $G1s$ 、前記多層膜の中央と重なる位置における前記上部シールド層と前記下部シールド層間の距離を $G1c$ としたときに、

前記 $G1s$ と $G1c$ の差の値を、磁気検出素子の実効トラック幅が $0.17\mu m$ となる値以下に設定する請求項1ないし3のいずれかに記載の磁気検出素子。

【請求項6】 前記第1ハードバイアス層と前記第2ハードバイアス層のうち、前記第1ハードバイアス層のみと重なる領域であって前記絶縁層と重ならない領域における、前記上部シールド層と前記下部シールド層間の距離を $G1s$ 、前記多層膜の中央と重なる位置における前記上部シールド層と前記下部シールド層間の距離を $G1c$ としたときに、

前記 $G1s$ と $G1c$ の差の値を、磁気検出素子の実効ト

ラック幅が $0.17\mu m$ となる値以下に設定する請求項4に記載の磁気検出素子。

【請求項7】 前記 $G1s$ と前記 $G1c$ の値を、 $G1c - 20nm \leq G1s \leq G1c + 90nm$ を満たす範囲に設定する請求項5または6に記載の磁気検出素子。

【請求項8】 前記 $G1s$ と前記 $G1c$ の値を、 $0.67 \leq G1s/G1c \leq 2.50$ を満たす範囲に設定する請求項5ないし7のいずれかに記載の磁気検出素子。

【請求項9】 前記 $G1s$ と前記 $G1c$ の値を、 $G1s > G1c$ とする請求項5ないし8のいずれかに記載の磁気検出素子。

【請求項10】 前記 $G1s$ と前記 $G1c$ の値を、 $G1s = G1c$ とする請求項5ないし8のいずれかに記載の磁気検出素子。

【請求項11】 前記 $G1s$ と前記 $G1c$ の値を、 $G1s < G1c$ とする請求項5ないし8のいずれかに記載の磁気検出素子。

【請求項12】 前記第1ハードバイアス層に重なる位置に形成され、前記多層膜と直接電氣的に接続されている第1電極層を有する請求項1ないし11のいずれかに記載の磁気検出素子。

【請求項13】 前記第1電極層のハイト方向の奥行長さが、前記多層膜のハイト方向の奥行長さより長い請求項12に記載の磁気検出素子。

【請求項14】 前記第2ハードバイアス層に重なる位置に形成され、前記第1電極層と直接電氣的に接続されている第2電極層を有する請求項12または13記載の磁気検出素子。

【請求項15】 前記多層膜表面に平行な平面と前記第2電極層の前端縁の接平面とがなす角度は、前記多層膜表面に平行な平面と前記第1電極層の前端縁の接平面とがなす角度より小さい請求項14に記載の磁気検出素子。

【請求項16】 前記第2電極層は前記第1電極層より膜厚が厚い請求項14または15に記載の磁気検出素子。

【請求項17】 前記第1電極層の材料を $W$ 、 $Ta$ 、 $Rh$ 、 $Ir$ 、 $Ru$ のいずれか1種または2種以上とし、第2電極層の材料を $Cr$ 、 $Cu$ 、 $Au$ 、 $Ta$ のいずれか1種または2種以上とする請求項14ないし16のいずれかに記載の磁気検出素子。

【請求項18】 (a) 基板上に下部シールド層、下部ギャップ層、及び磁気抵抗効果を発揮する多層膜を成膜する工程と、

(b) 前記多層膜上に、第1のレジスト層を形成する工程と、

(c) 前記多層膜の前記第1のレジスト層によって覆われていない領域を削る工程と、

(d) 前記多層膜の両側領域に、第1ハードバイアス層を成膜する工程と、

- (e) 前記第1のレジスト層を除去する工程と、
- (f) 切り込み部の形成されたリフトオフ用の第2のレジスト層を前記多層膜及び前記第1ハードバイアス層に重なる領域上に形成する工程と、
- (g) 前記第2のレジスト層によってマスクされた状態で、前記第1ハードバイアス層を所定厚さ削る工程と、
- (h) 所定厚さ削られた前記第1ハードバイアス層上に、第2ハードバイアス層を積層する工程と、
- (i) 前記第2のレジスト層を除去する工程と、を有することを特徴とする磁気検出素子の製造方法。

【請求項19】 前記(h)の工程において、第1ハードバイアス層の膜厚よりも前記第2ハードバイアス層の膜厚の方を厚く形成する請求項18記載の磁気検出素子の製造方法。

【請求項20】 前記(d)の工程において前記第1ハードバイアス層を成膜する前に、非磁性材料からなるバイアス下地層を基板の法線方向から成膜する工程を有する請求項18または19に記載の磁気検出素子の製造方法。

#### 【発明の詳細な説明】

##### 【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、磁気抵抗効果を利用して磁界を検出する磁気検出素子に係り、特に、実効トラック幅を狭くして高記録密度化に対応することのできる磁気検出素子およびその製造方法に関する。

##### 【0002】

【従来の技術】 図27は従来の磁気検出素子を記録媒体との対向面側からみた断面図である。

【0003】 図27に示す磁気検出素子では、下部シールド層8上に下部ギャップ層9が積層され、下部ギャップ層9上に下地層10を介して反強磁性層11が、図示X方向に長く形成され、X方向の中心では反強磁性層11が高さ寸法d1だけ突出して形成されている。そしてこの突出した反強磁性層11上に、固定磁性層12、非磁性導電層13、フリー磁性層14、及び保護層15が形成され、下地層10から保護層15までの積層体が多層膜16として構成されている。

【0004】 反強磁性層11はPt-Mn（白金-マンガン）合金などの反強磁性材料により形成されている。

【0005】 前記固定磁性層12およびフリー磁性層14は、Ni-Fe（ニッケル-鉄）合金、Co（コバルト）、Co-Fe（コバルト-鉄）合金、Co-Fe-Ni合金などで形成されており、前記非磁性導電層13は、Cu（銅）などの電気抵抗の低い非磁性導電材料で形成されている。

【0006】 そして図27に示すように、図示X方向に延ばされて形成された反強磁性層11の幅寸法T8上から、固定磁性層12、非磁性導電層13、及びフリー磁性層14の側面にかけて、Crなどで形成された緩衝膜及び配向膜となる金属膜17が形成されており、この金

属膜17の形成によって、後述するハードバイアス層18から発生するバイアス磁界を増大させることができる。

【0007】 金属膜17の上には、例えばCo-Pt（コバルト-白金）合金やCo-Cr-Pt（コバルト-クロム-白金）合金などで形成されたハードバイアス層18が形成されている。

【0008】 ハードバイアス層18は図示X方向（トラック幅方向）に着磁されており、ハードバイアス層18からのX方向へのバイアス磁界により、フリー磁性層14の磁化は図示X方向に揃えられている。

【0009】 またハードバイアス層18上には、Taなどの非磁性材料で形成された中間層19が形成され、この中間層19の上に、Cr、Au、Ta、Wなどで形成された電極層20が形成されている。

【0010】 さらに、多層膜16及び電極層20上に絶縁材料からなる上部ギャップ層21が積層され、上部ギャップ層21上に磁性材料からなる上部シールド層22が形成される。

【0011】 ここで、電極層20が形成されていない多層膜16の上面の幅寸法が、光学的トラック幅寸法OTwである。

##### 【0012】

【発明が解決しようとする課題】 フリー磁性層14のうち、その側端部付近における磁化は、ハードバイアス層18、18からの強い磁界の影響を受けるため固定されやすく、外部磁界に対し磁化が変動しにくくなっており、図27に示すように、多層膜16の側端部付近には、再生感度の悪い不感領域dが形成される。この不感領域dは両側付近に再生出力にほとんど寄与せず、単に直流抵抗値(DCR)を上昇させる領域でしかない。

【0013】 近年、磁気記録媒体の高記録密度化が進み、それに対応するために薄膜磁気素子のトラック幅Twの極小化が進められており、トラック幅Twに対する不感領域の幅寸法の比率が大きくなり、磁気抵抗効果を発揮する感度領域eの幅寸法を正確に制御することが困難になってきた。また、トラック幅Twに対する不感領域の幅寸法の比率が大きくなると、再生出力も低下する。

【0014】 不感領域dの幅寸法を小さくする方法として、ハードバイアス層18の膜厚を薄くし、残留磁化x膜厚の値を小さくするという方法が考えられる。

【0015】 しかし、ハードバイアス層18を単純に薄くすると、ハードバイアス層18とフリー磁性層14の接合部付近におけるハードバイアス層18の保磁力Hcや角型比が低下し、フリー磁性層14を安定した単磁区化状態にしておくことができなくなる。

【0016】 本発明は上記従来の課題を解決するためのものであり、フリー磁性層の単磁区化状態を安定に維持したまま、多層膜中の不感領域の幅寸法を小さくするこ

10

20

30

40

50

とのできる磁気検出素子及びその製造方法を提供することを目的としている。

【0017】

【課題を解決するための手段】本発明は、反強磁性層、前記反強磁性層との交換結合磁界により磁化方向が固定される固定磁性層、非磁性材料層、及び磁化が外部磁界に対し変動するフリー磁性層を有する多層膜と、前記フリー磁性層の磁化方向を一定方向に揃えるためのハードバイアス層を有する磁気検出素子において、前記ハードバイアス層は、前記多層膜側の側面が、前記多層膜の側面と直接接しているか、または前記多層膜の側面と非磁性材料からなるバイアス下地層を介して対向している第1ハードバイアス層と、前記第1ハードバイアスの上層または下層に直接接して積層され、前記多層膜側の側面が前記多層膜の側面から所定距離離れた位置にある第2ハードバイアス層とを有することを特徴とするものである。

【0018】本発明では、前記第1ハードバイアス層の膜厚を薄くすることにより、前記フリー磁性層の磁化方向をそろえる前記第1ハードバイアス層の静磁界の強さを弱くすること、または前記フリー磁性層と第1ハードバイアス層の強磁性結合を弱くすることができる。すなわち、前記ハードバイアス層の前記フリー磁性層と近接している部分における残留磁化×膜厚の値を小さくできる。

【0019】従って、前記多層膜に形成される不感領域の幅寸法を小さくし、感度領域を広くでき、磁気検出素子の感度を向上させることができる。

【0020】さらに、前記多層膜の側面から所定距離離れた位置では、前記第2ハードバイアス層が前記第1ハードバイアスの上層または下層に直接接して積層されることによって前記ハードバイアス層の膜厚が厚くされており、前記ハードバイアス層の保磁力 $H_c$ や角型比を大きくできる。従って、外乱の磁界が存在していても、前記フリー磁性層を安定した単磁区化状態にしておくことができる。

【0021】本発明では、前記多層膜に形成される不感領域の幅寸法を小さくしつつ、前記ハードバイアス層の保磁力 $H_c$ や角型比を大きくするために、前記第1ハードバイアス層の膜厚よりも前記第2ハードバイアス層の膜厚の方を厚くすることが好ましい。

【0022】なお、前記第1ハードバイアス層は、前記多層膜側の側面が、前記フリー磁性層の側面と直接接しているか、または前記フリー磁性層の側面と非磁性材料からなる膜厚1nm以下のバイアス下地層を介して対向していると、前記ハードバイアス層と前記フリー磁性層が強磁性結合によって磁氣的に連続体となり、安定性が増すので好ましい。

【0023】また、本発明では、前記多層膜及び前記ハードバイアス層は、基板上に形成された磁性材料からな

る下部シールド上に積層される絶縁性材料からなる下部ギャップ層上に形成され、前記多層膜及び前記ハードバイアス層上には絶縁性材料からなる上部ギャップ層と、前記上部ギャップ層上に積層される磁性材料からなる上部シールド層が形成され、前記第1ハードバイアス層と前記第2ハードバイアス層のうち、前記第1ハードバイアス層のみと重なる領域における前記上部シールド層と前記下部シールド層間の距離を $G_{ls}$ 、前記多層膜の中央と重なる位置における前記上部シールド層と前記下部シールド層間の距離を $G_{lc}$ としたときに、前記 $G_{ls}$ と $G_{lc}$ の差の値を、磁気検出素子の実効トラック幅が $0.17\mu m$ となる値以下に設定することが好ましい。

【0024】前記第1ハードバイアス層は、前記多層膜の両側に隣接して設けられるものなので、前記第1ハードバイアス層のみと重なる領域における前記上部シールド層と前記下部シールド層間の距離 $G_{ls}$ は、前記多層膜の両側近傍における前記上部シールド層と前記下部シールド層間の距離ということになる。

【0025】前記多層膜の両側近傍における前記上部シールド層と前記下部シールド層間の距離が大きくなると、前記上部シールド層と前記下部シールド層の間を通過して、検出対象の記録トラックの両側の記録トラックから発生する記録媒体からの磁界が磁気検出素子に侵入しやすくなり、実効トラック幅が大きくなる。すなわち、記録トラック間のクロストークが発生しやすくなる。

【0026】実際、後述するように、前記 $G_{ls}$ と $G_{lc}$ の差の値が大きくなると、磁気検出素子の実効トラック幅も大きくなる。

【0027】本発明では前記 $G_{ls}$ と $G_{lc}$ の差の値を所定の値以下とすることによって、前記多層膜の両側近傍における前記上部シールド層と前記下部シールド層間の距離が大きくなることを抑え、実効トラック幅を小さくすることができる。

【0028】また、前記第1ハードバイアス層上の一部と、前記第2ハードバイアス層上の全ての領域と重なる絶縁層が形成されることが好ましい。

【0029】前記絶縁層が形成されたときには、前記第1ハードバイアス層と前記第2ハードバイアス層のうち、前記第1ハードバイアス層のみと重なる領域であって前記絶縁層と重ならない領域における、前記上部シールド層と前記下部シールド層間の距離を $G_{ls}$ 、前記多層膜の中央と重なる位置における前記上部シールド層と前記下部シールド層間の距離を $G_{lc}$ としたときに、前記 $G_{ls}$ と $G_{lc}$ の差の値を、磁気検出素子の実効トラック幅が $0.17\mu m$ となる値以下に設定することが好ましい。

【0030】また、前記 $G_{ls}$ と前記 $G_{lc}$ の値を、 $G_{lc} - 20nm \leq G_{ls} \leq G_{lc} + 90nm$ を満たす範囲に設定することが好ましい。より好ましくは、前記 $G_{ls}$ と前記 $G_{lc}$ の値を、 $G_{lc} - 20nm \leq G_{ls} \leq$

$Glc + 70nm$ を満たす範囲に設定することである。さらに好ましくは、前記 $Gls$ と前記 $Glc$ の値を、 $Glc - 20nm \leq Glc \leq Glc + 30nm$ を満たす範囲に設定することである。

【0031】あるいは、前記 $Gls$ と前記 $Glc$ の値を、 $0.67 \leq Glc/Gls \leq 2.50$ を満たす範囲に設定することが好ましい。より好ましくは、前記 $Gls$ と前記 $Glc$ の値を、 $0.67 \leq Glc/Gls \leq 2.17$ を満たす範囲に設定することである。さらに好ましくは、前記 $Gls$ と前記 $Glc$ の値を、 $0.67 \leq Glc/Gls \leq 1.50$ を満たす範囲に設定することである。

【0032】なお、上述した前記 $Gls$ と前記 $Glc$ の値の範囲で、前記 $Gls$ と前記 $Glc$ の値を、 $Gls > Glc$ としても、 $Gls = Glc$ としても、 $Gls < Glc$ としてもよい。

【0033】 $Gls > Glc$ であれば、前記多層膜の両側近傍における前記上部シールド層と前記下部シールド層間の距離は、前記多層膜に重なる領域における前記上部シールド層と前記下部シールド層間の距離（ギャップ長）より大きい。

【0034】 $Gls = Glc$ であれば、前記多層膜の両側近傍における前記上部シールド層と前記下部シールド層間の距離は、前記多層膜に重なる領域における前記上部シールド層と前記下部シールド層間の距離（ギャップ長）に等しい。

【0035】 $Gls < Glc$ であれば、前記多層膜の両側近傍における前記上部シールド層と前記下部シールド層間の距離は、前記多層膜に重なる領域における前記上部シールド層と前記下部シールド層間の距離（ギャップ長）より小さい。

【0036】本発明では、前記第1ハードバイアス層に重なる位置に形成され、前記多層膜と直接電氣的に接続されている第1電極層を有することにより、前記多層膜に効果的に電流を与えることができる。

【0037】さらに、前記第2ハードバイアス層に重なる位置に形成され、前記第1電極層と直接電氣的に接続されている第2電極層を有することが好ましい。

【0038】実効トラック幅を小さくするために、前記第1ハードバイアス層と前記第1電極層の膜厚を小さくして、前記多層膜の両側近傍における前記上部シールド層と前記下部シールド層間の距離を小さくすると、磁気検出素子の直流抵抗値が大きくなってしまふ。

【0039】前記第2ハードバイアス層に重なる位置に前記第2電極層が形成されると、前記多層膜の両側近傍における前記上部シールド層と前記下部シールド層間の距離を小さくしつつ、磁気検出素子の直流抵抗値を小さくできる。

【0040】なお、前記多層膜表面に平行な平面と前記第2電極層の前端縁の接平面とがなす角度は、前記多層

膜表面に平行な平面と前記第1電極層の前端縁の接平面とがなす角度より小さいことが好ましい。また、前記第2電極層は前記第1電極層より膜厚が厚いことが好ましい。

【0041】また、本発明では、第1電極層のハイト方向の奥行長さを、前記多層膜のハイト方向の奥行長さより長くすることにより、磁気検出素子の直流抵抗値を小さくできる。

【0042】なお、前記第1電極層は、磁気検出素子の記録媒体との対向面を研磨して直流抵抗値を調節する工程においてスミアが発生しにくいように、 $W$ 、 $Ta$ 、 $Rh$ 、 $Ir$ 、 $Ru$ のいずれか1種または2種以上を用いて形成し、前記第2電極層の材料を $Cr$ 、 $Cu$ 、 $Au$ 、 $Ta$ のいずれか1種または2種以上などの比抵抗の小さい材料を用いて形成することが好ましい。

【0043】実効トラック幅は、フルトラックプロファイル法あるいはマイクロトラックプロファイル法などによって測定される。以下、フルトラックプロファイル法について図26を参照しながら説明する。

【0044】記録媒体上に磁気検出素子 $R$ の素子幅よりも幅広の記録トラック幅 $Ww$ の記録トラックで信号を記録しておき、磁気検出素子 $R$ を、記録トラック上でトラック幅方向（ $X$ 方向）に走査させて、磁気検出素子 $R$ の記録トラック幅方向（ $X$ 方向）の位置と再生出力との関係を測定する。その測定結果は、図26の上側に示されている。

【0045】この測定結果の再生波形を見ると、記録トラックの中央付近では、再生出力が高くなり、記録トラックの中央から離れるにつれて再生出力は低くなるのがわかる。

【0046】再生波形上の再生出力が最大値の50%となる点 $Pa$ 及び点 $Pb$ における接線と $X$ 軸との交点を、それぞれ点 $Pc$ 、点 $Pd$ とする。点 $Pc$ と点 $Pd$ の間の距離 $A$ と点 $Pa$ と点 $Pb$ 間の距離（半値幅） $B$ の差が磁気検出素子の実効トラック幅となる。ここで、 $X$ 軸の単位は、半値幅 $B = \text{記録トラック幅 } Ww$ となるように規格化する。

【0047】本発明の磁気検出素子の製造方法は、

(a) 基板上に下部シールド層、下部ギャップ層、及び磁気抵抗効果を発揮する多層膜を成膜する工程と、

(b) 前記多層膜上に、第1のレジスト層を形成する工程と、(c) 前記多層膜の前記第1のレジスト層によって覆われていない領域を削る工程と、(d) 前記多層膜の両側領域に、第1ハードバイアス層を成膜する工程と、(e) 前記第1のレジスト層を除去する工程と、

(f) 切り込み部の形成されたリフトオフ用の第2のレジスト層を前記多層膜及び前記第1ハードバイアス層に重なる領域上に形成する工程と、(g) 前記第2のレジスト層によってマスクされた状態で、前記第1ハードバイアス層を所定厚さ削る工程と、(h) 所定厚さ削られ

た前記第1ハードバイアス層上に、第2ハードバイアス層を積層する工程と、(i)前記第2のレジスト層を除去する工程と、を有することを特徴とするものである。

【0048】なお、前記(h)の工程において、第1ハードバイアス層の膜厚よりも前記第2ハードバイアス層の膜厚の方を厚く形成することが好ましい。

【0049】また、前記(d)の工程において前記第1ハードバイアス層を成膜する前に、非磁性材料からなるバイアス下地層を基板の法線方向から成膜する工程を有すると、前記第1ハードバイアス層の前記多層膜側の側面を前記フリー磁性層の側面と直接接するようにでき、または前記第1ハードバイアス層の前記多層膜側の側面を前記フリー磁性層の側面と非磁性材料からなる膜厚1nm以下のバイアス下地層を介して対向するようにでき、前記ハードバイアス層と前記フリー磁性層とを強磁性結合による磁気的な連続体とすることができるので好ましい。

【0050】

【発明の実施の形態】図1は、本発明の第1の実施の形態の磁気検出素子を記録媒体との対向面側からみた断面図である。

【0051】図1では、下地層33、反強磁性層34、第1固定磁性層35a、非磁性中間層35b、第2固定磁性層35cからなるシンセティックフェリピンド型の固定磁性層35、非磁性材料層36、第2フリー磁性層37a、非磁性中間層37b、第1フリー磁性層37cからなるシンセティックフェリフリー型のフリー磁性層37、保護層38が積層された多層膜Tが形成されている。

【0052】多層膜Tの下層には、基板(図示せず)上に、アルミナなどの絶縁性材料からなる下地層(図示せず)を介して、下部シールド層31、下部ギャップ層32が成膜されている。

【0053】多層膜T中の反強磁性層34は図示X方向に延長され、この延出部34bの上面と固定磁性層35の側面、非磁性材料層36の側面、及び第2フリー磁性層37aの側面に接してCr、Ti、Mo、W50Mo50などによってバイアス下地層39が形成されている。

【0054】バイアス下地層39の上には、第1ハードバイアス層40が形成されている。第1ハードバイアス層40は、多層膜T側の側面40aが、バイアス下地層39を介して多層膜Tの側面Tsに対向している。

【0055】第1ハードバイアス層40の上層には、第2ハードバイアス層42が積層されている。第2ハードバイアス層42の多層膜T側の側面42aは、多層膜Tの側面Tsから所定距離Spだけ離れた位置に設けられる。所定距離Spは、第2ハードバイアス層42から発生する磁界が多層膜T中のフリー磁性層37に直接的に作用しない距離として設定される。なお、第2ハードバイアス層42は第1ハードバイアス層40上に直接接し

て積層されている。

【0056】第1ハードバイアス層40及び第2ハードバイアス層42は例えば、Co-Pt(コバルト-白金)合金やCo-Cr-Pt(コバルト-クロム-白金)合金などで形成されており、図示X方向(トラック幅方向)に着磁されている。

【0057】第1ハードバイアス層40上には、Taなどの非磁性材料で形成された中間層41が形成され、この中間層41の上に、Cr、Au、Ta、W、Rh、Ir、Ruなどで形成された電極層(第1電極層)43が形成されている。

【0058】電極層43は、第1ハードバイアス層40に重なる位置に形成され、多層膜Tと直接電氣的に接続されているので、多層膜Tに効果的に電流を与えることができる。

【0059】多層膜Tの表面、電極層43の表面、及び第2ハードバイアス層42の表面には、上部ギャップ層44が成膜され、上部ギャップ層44上には上部シールド層45が形成されている。上部シールド層45は、無機絶縁材料からなる保護層46によって覆われる。また、上部シールド層45の上に記録用のインダクティブヘッドを形成してから全体を保護層で覆ってもよい。

【0060】下部シールド層31、下部ギャップ層32、下地層33、反強磁性層34、固定磁性層35、非磁性材料層36、フリー磁性層37、保護層38、バイアス下地層39、第1ハードバイアス層40、中間層41、第2ハードバイアス層42電極層43、上部ギャップ層44、上部シールド層45、及び保護層46はスパッタ法や蒸着法などの薄膜形成プロセスによって形成される。

【0061】下部シールド層31及び上部シールド層45はNiFeなどの磁性材料を用いて形成される。なお、下部シールド層31及び上部シールド層45は磁化容易軸がトラック幅方向(図示X方向)を向いていることが好ましい。なお、下部シールド層31及び上部シールド層45は、電解メッキプロセスによって形成されてもよい。

【0062】下部ギャップ層32、上部ギャップ層44、及び保護層46はAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>やSiO<sub>2</sub>などの非磁性無機材料を用いて形成される。下地層33はTaやNiFeCrなどを用いて形成する。

【0063】反強磁性層34は、PtMn合金、または、X-Mn(ただしXは、Pd、Ir、Rh、Ru、Os、Ni、Feのいずれか1種または2種以上の元素である)合金で、あるいはPt-Mn-X'(ただしX'は、Pd、Ir、Rh、Ru、Au、Ag、Os、Cr、Ni、Ar、Ne、Xe、Krのいずれか1または2種以上の元素である)合金で形成する。

【0064】これらの合金は、成膜直後の状態では、不規則系の面心立方構造(fcc)であるが、熱処理によ



ってCuAuI型の規則型の面心正方構造(fcc)に構造変態する。

【0065】反強磁性層34の膜厚は、トラック幅方向の中心付近において80~300Å、例えば200Åである。

【0066】ここで、反強磁性層34を形成するための、前記PtMn合金及び前記X-Mnの式で示される合金において、PtあるいはXが37~63at%の範囲であることが好ましい。また、前記PtMn合金及び前記X-Mnの式で示される合金において、PtあるいはXが47~57at%の範囲であることがより好ましい。特に規定しない限り、~で示す数値範囲の上限と下限は以下、以上を意味する。

【0067】また、Pt-Mn-X'の式で示される合金において、X'+Ptが37~63at%の範囲であることが好ましい。また、前記Pt-Mn-X'の式で示される合金において、X'+Ptが47~57at%の範囲であることがより好ましい。さらに、前記Pt-Mn-X'の式で示される合金において、X'が0.2~10at%の範囲であることが好ましい。ただし、X'がPd, Ir, Rh, Ru, Os, Ni, Feのいずれか1種または2種以上の元素である場合には、X'は0.2~40at%の範囲であることが好ましい。

【0068】これらの合金を使用し、これを熱処理することにより、第1固定磁性層35aとの間で大きな交換結合磁界を発生する反強磁性層34を得ることができる。特に、PtMn合金であれば、48kA/m以上、例えば64kA/mを越える交換結合磁界を有し、前記交換結合磁界を失うブロッキング温度が380℃と極めて高い優れた反強磁性層34を得ることができる。

【0069】第1固定磁性層35a及び第2固定磁性層35cは、強磁性材料により形成されるもので、例えばNiFe合金、Co、CoFeNi合金、CoFe合金、CoNi合金などにより形成されるものであり、特にCoFe合金またはCoにより形成されることが好ましい。また、第1固定磁性層35a及び第2固定磁性層35cは同一の材料で形成されることが好ましい。

【0070】また、非磁性中間層35bは、非磁性材料により形成されるもので、Ru、Rh、Ir、Cr、Re、Cuのうち1種またはこれらの2種以上の合金で形成されている。特にRuによって形成されることが好ましい。

【0071】非磁性材料層36は、固定磁性層35とフリー磁性層37との磁気的な結合を防止し、またセンス電流が主に流れる層であり、Cu、Cr、Au、Agなど導電性を有する非磁性材料により形成されることが好ましい。特にCuによって形成されることが好ましい。

【0072】第1フリー磁性層37c及び第2フリー磁性層37aは、強磁性材料により形成されるもので、例えばNiFe合金、Co、CoFeNi合金、CoFe

合金、CoNi合金などにより形成されるものであり、特にNiFe合金またはCoFeNi合金、CoFe合金により形成されることが好ましい。

【0073】非磁性中間層37bは、非磁性材料により形成されるもので、Ru、Rh、Ir、Cr、Re、Cuのうち1種またはこれらの2種以上の合金で形成されている。特にRuによって形成されることが好ましい。

【0074】保護層38はTaなどを用いて形成される。バイアス下地層39を結晶構造がbcc(体心立方格子)構造であるCr、Ti、Mo、W50Mo50などを用いて下地層を形成すると、第1ハードバイアス層40及び第2ハードバイアス層42の保磁力及び角形比が大きくなりバイアス磁界を大きくできる。

【0075】第1ハードバイアス層40の多層膜Tと対向する側の側面40aは、固定磁性層35の側面、非磁性材料層36の側面、及び第2フリー磁性層37aの側面とのみ対向しており、第1フリー磁性層37cの側面とは対向していない。ハードバイアス層40からのX方向へのバイアス磁界により、第2フリー磁性層37aの磁化は図示X方向に揃えられる。

【0076】フリー磁性層37は、磁気モーメントの大きさが異なる第2フリー磁性層37aと第1フリー磁性層37cが、非磁性中間層37bを介して積層され、第2フリー磁性層37aと第1フリー磁性層37cの磁化方向が反平行となるフェリ磁性状態である。このとき、磁気モーメントが大きい方、例えば、第2フリー磁性層37aの磁化方向が、第1ハードバイアス層40から発生する磁界の方向に向き、第1フリー磁性層37cの磁化方向が、180度反対方向に向いた状態になる。

【0077】第2フリー磁性層37aと第1フリー磁性層37cの磁化方向が180度異なる反平行のフェリ磁性状態になると、フリー磁性層37の膜厚を薄くすることと同等の効果が得られ、単位面積あたりの実効的な磁気モーメントが小さくなり、フリー磁性層37の磁化が変動しやすくなって、磁気検出素子の磁界検出感度が向上する。

【0078】第2フリー磁性層37aの磁気モーメントと第1フリー磁性層37cの磁気モーメントを足し合わせた合成磁気モーメントの方向がフリー磁性層37の磁化方向となる。

【0079】ただし、固定磁性層35の磁化方向との関係で出力に寄与するのは第2フリー磁性層37aの磁化方向のみである。

【0080】第1ハードバイアス層40は、フリー磁性層37を構成する第2フリー磁性層37aと第1フリー磁性層37cのうち、一方の磁化方向を揃えるだけでよい。図1では、第2フリー磁性層37aの磁化方向のみをそろえている。第2フリー磁性層37aの磁化方向が一定方向に揃えられると、第1フリー磁性層37cは磁化方向が反平行となるフェリ磁性状態となり、フリー磁

10

20

30

40

50

性層37全体の磁化方向が一定方向に揃えられる。

【0081】本実施の形態では、第1ハードバイアス層40は図示X方向の静磁界を、主に第2フリー磁性層37aに与える。従って、第1ハードバイアス層40から発生する図示X方向の静磁界によって、第1フリー磁性層37cの磁化方向（図示X方向と逆向き）が乱されることを抑えることができる。

【0082】また、図1では、磁気モーメントが異なる第1固定磁性層35aと第2固定磁性層35cが、非磁性中間層35bを介して積層されたものが、一つの固定磁性層35として機能する。

【0083】第1固定磁性層35aは反強磁性層34と接して形成され、磁場中アニールが施されることにより、第1固定磁性層35aと反強磁性層34との界面にて交換結合による交換異方性磁界が生じ、第1固定磁性層35aの磁化方向が図示Y方向に固定される。第1固定磁性層35aの磁化方向が図示Y方向に固定されると、非磁性中間層35bを介して対向する第2固定磁性層35cの磁化方向が、前記第1固定磁性層35aの磁化方向と反平行の状態に固定される。

【0084】このように、第1固定磁性層35aと第2固定磁性層35cの磁化方向が、反平行となるフェリ磁性状態になっていると、第1固定磁性層35aと第2固定磁性層35cとが互いに他方の磁化方向を固定しあうので、全体として固定磁性層35の磁化方向を一定方向に強力に固定することができる。

【0085】なお、第1固定磁性層35aの磁気モーメントと第2固定磁性層35cの磁気モーメントを足し合わせた合成磁気モーメントの方向が固定磁性層35の磁化方向となる。

【0086】図1では、第1固定磁性層35a及び第2固定磁性層35cを同じ材料を用いて形成し、さらに、それぞれの膜厚を異ならせることにより、それぞれの磁気モーメントを異ならせている。

【0087】また、第1固定磁性層35a及び第2固定磁性層35cの固定磁化による反磁界（双極子磁界）を、第1固定磁性層35a及び第2固定磁性層35cの静磁界結合同士が相互に打ち消し合うことによりキャンセルできる。これにより、固定磁性層35の固定磁化による反磁界（双極子磁界）からの、フリー磁性層37の変動磁化への寄与を減少させることができる。

【0088】従って、フリー磁性層37の変動磁化の方向を所望の方向に補正することがより容易になり、アシンメトリーの小さい対称性の優れたスピナルブ型薄膜磁気素子を得ることが可能になる。

【0089】ここで、アシンメトリーとは、再生出力波形の非対称性の度合いを示すものであり、再生出力波形が与えられた場合、波形が対称であればアシンメトリーが小さくなる。従って、アシンメトリーが0に近づく程再生出力波形が対称性に優れていることになる。

【0090】前記アシンメトリーは、フリー磁性層37の磁化の方向と固定磁性層35の固定磁化の方向とが直交しているときに0となる。アシンメトリーが大きくなるとメディアからの情報の読み取りが正確にできなくなり、エラーの原因となる。このため、前記アシンメトリーが小さいもののほど、再生信号処理の信頼性が向上することになり、スピナルブ薄膜磁気素子として優れたものとなる。

【0091】また、固定磁性層の固定磁化による反磁界（双極子磁界）Hdは、素子高さ方向において、その端部で大きく中央部で小さいという不均一な分布を持ち、フリー磁性層37内における単磁区化が妨げられる場合があるが、固定磁性層35を上記の積層構造とすることにより双極子磁界HdをほぼHd=0とすることができ、これによってフリー磁性層37内に磁壁ができて磁化の不均一が発生しバルクハウゼンノイズなどが発生することを防止することができる。

【0092】なお、電極層43と第1ハードバイアス層40との間に、TaまたはCrからなる中間層41が設けられると、熱拡散を防ぐことができ、第1ハードバイアス層40の磁気特性の劣化を防止できる。

【0093】電極層43としてTaを用いる場合には、Crの中間層41を設けることによってCrの上層に積層されるTaの結晶構造を低抵抗の体心立方構造にしやすい。

【0094】また、電極層43としてCrを用いる場合には、Taの中間層41を設けることにより、Crがエピタキシャルに成長して、抵抗値を低減できる。

【0095】図1に示された磁気検出素子は、いわゆるスピナルブ型磁気検出素子であり、固定磁性層35の磁化方向が、適正に図示Y方向に平行な方向に固定され、しかもフリー磁性層37の磁化が適正に図示X方向に揃えられており、固定磁性層35とフリー磁性層37の磁化が直交関係にある。そして記録媒体からの外部磁界に対し、フリー磁性層37の磁化が感度良く変動し、この磁化方向の変動と、固定磁性層35の固定磁化方向との関係で電気抵抗が変化し、この電気抵抗値の変化に基づく電圧変化により、記録媒体からの漏れ磁界が検出される。

【0096】ただし、電気抵抗値の変化（出力）に直接寄与するのは第2固定磁性層35cの磁化方向と第2フリー磁性層37aの磁化方向の相対角であり、これらの相対角が検出電流が通電されている状態かつ信号磁界が印加されていない状態で直交していることが好ましい。

【0097】本実施の形態の磁気検出素子では、第1ハードバイアス層40の膜厚t1を薄くすることにより、第2フリー磁性層37aの磁化方向をそろえる第1ハードバイアス層40が発生する磁界の強さを弱くすることができる。すなわち、第2フリー磁性層37aと近接している部分における第1ハードバイアス層40の残留磁

化×膜厚の値を小さくできる。

【0098】従って、多層膜Tに形成される不感領域の幅寸法を小さくし、感度領域を広くでき、磁気検出素子の感度を向上させることができる。

【0099】さらに、多層膜Tの側面Tsから所定距離Spだけ離れた位置に、第2ハードバイアス層42が第1ハードバイアス層40の上層に直接接して積層されることによってハードバイアス層Hの膜厚が厚くされており、ハードバイアス層Hの保磁力Hcや角型比を大きくできる。従って、外乱の磁界が存在していても、フリー磁性層37を安定した単磁区化状態にしておくことができる。

【0100】本実施の形態では、多層膜Tに形成される不感領域の幅寸法を小さくしつつ、ハードバイアス層Hの保磁力Hcや角型比を大きくするために、第1ハードバイアス層40の膜厚t1よりも第2ハードバイアス層の膜厚t2の方を厚くしている。

【0101】また図1では、第1ハードバイアス層40の上層に第2ハードバイアス層42が積層されているが、第1ハードバイアス層40の下層に直接接して第2ハードバイアス層42が積層されてもよい。

【0102】図2は本発明の第2の実施の形態の磁気検出素子を記録媒体との対向面側からみた断面図である。

【0103】図2の磁気検出素子では、第2ハードバイアス層42の膜厚t2が図1の磁気検出素子よりも厚くされており、その結果上部シールド層45の両側部が図示上方(Y方向)に折曲がり、上部シールド層45と下部シールド層31間の距離が大きくなっている点でのみ図1の磁気検出素子と異っている。

【0104】多層膜Tの両側近傍における上部シールド層45と下部シールド層31間の距離が大きくなると、上部シールド層45と下部シールド層31の間を通過して、磁界が入り込みやすくなり、実効トラック幅E-Twが大きくなる。すると、検出対象の記録トラックの両側の記録トラックから発生する記録媒体からの磁界が磁気検出素子に侵入しやすくなり、記録トラック間のクロストークが発生しやすくなる。

【0105】そこで、本実施の形態では、第1ハードバイアス層40と第2ハードバイアス層42のうち、第1ハードバイアス層40のみと重なる領域S1における上部シールド層45と下部シールド層31間の距離をGls、多層膜の中央Cと重なる位置における上部シールド層45と下部シールド層31間の距離をGlcとしたときに前記GlsとGlcの差の値を所定の値以下とすることによって、多層膜Tの両側近傍における上部シールド層45と下部シールド層31間の距離が大きくなることを抑え、実効トラック幅E-Twを小さくすることができるようにしている。

【0106】後述するように、前記GlsとGlcの差の値を小さくすると、磁気検出素子の実効トラック幅E

-Twも小さくなる。ここで、前記GlsとGlcの差の値を磁気検出素子の実効トラック幅E-Twが0.17μmとなる値以下に設定することが好ましい。

【0107】なお、第2ハードバイアス層42の上面42bが、第1電極層43の上面43aの延長線Bよりも、図示下方向(Y反対方向)に位置してもよい。

【0108】図3は本発明の第3の実施の形態の磁気検出素子を記録媒体との対向面側からみた断面図である。

【0109】図3に示された磁気検出素子では、第1ハードバイアス層40に重なる位置に形成された電極層(第1電極層)43に加えて、第2電極層51が第2ハードバイアス層42に重なる位置に形成されている点が図1に示された磁気検出素子と異っている。なお、第2電極層51と第1電極層43は、直接電氣的に接続されている。

【0110】実効トラック幅E-Twを小さくするために、第1ハードバイアス層40と第1電極層43の膜厚を小さくして、多層膜Tの両側近傍における上部シールド層45と下部シールド層31間の距離を小さくすると、磁気検出素子の直流抵抗値が大きくなってしまふ。そこで、図3のように、第2ハードバイアス層42に重なる位置に第2電極層51が形成されるようにすると、多層膜Tの両側近傍における上部シールド層45と下部シールド層31間の距離を小さくしつつも、磁気検出素子の直流抵抗値を小さくすることができる。

【0111】第2電極層51と第2ハードバイアス層42との間に、TaまたはCrからなる中間層50が設けられると、熱拡散を防ぐことができ、第2ハードバイアス層42の磁気特性の劣化を防止できる。

【0112】第2電極層51としてTaを用いる場合には、Crの中間層50を設けることによってCrの上層に積層されるTaの結晶構造を低抵抗の体心立方構造にしやすくなる。

【0113】また、第2電極層51としてCrを用いる場合には、Taの中間層50を設けることにより、Crがエピタキシャルに成長して、抵抗値を低減できる。

【0114】なお、多層膜T表面に平行な平面と第2電極層51の前端縁の接平面とがなす角度θ2は、多層膜T表面に平行な平面と第1電極層43の前端縁の接平面とがなす角度θ1より小さいことが好ましい。θ1>θ2とすると、多層膜Tに直接接続される第1電極層43から多層膜Tへの電流の供給を安定化することができる。

【0115】また、多層膜Tの両側近傍における上部シールド層45と下部シールド層31間の距離が大きくなることを抑え、かつ磁気検出素子の直流抵抗値を小さくするためには、第2電極層51の膜厚t4を、第1電極層43の膜厚t3より厚くすることが好ましい。

【0116】なお、第1電極層43及び第2電極層51はW、Ta、Cr、Cu、Rh、Ir、Ru、Auなど

10

20

30

40

50

を材料として用いて形成することができる。特に、多層膜Tと電氣的に接続される第1電極層43を、磁気検出素子の記録媒体との対向面を研磨して直流抵抗値を調節する工程においてスミアが発生しにくいように、W、Ta、Rh、Ir、Ruなどの硬性の材料を用いて形成し、第2電極層51をCr、Cu、Au、Taなどの比抵抗の小さい材料を用いて形成することが好ましい。

【0117】また、図3では前記第1ハードバイアス層40上の一部と、前記第2ハードバイアス層42上の全ての領域と重なる絶縁層52が形成されており、これによって第2電極層51と上部シールド層45間の電氣的絶縁をより確実にとることができる。

【0118】絶縁層52が形成されたときには、第1ハードバイアス層40と第2ハードバイアス層42のうち、第1ハードバイアス層40のみと重なる領域であって絶縁層52と重ならない領域S1における、上部シールド層45と下部シールド層31間の距離をG1s、多層膜Tの中央Cと重なる位置における上部シールド層45と下部シールド層31間の距離をG1cとしたときに、前記G1sとG1cの差の値を、磁気検出素子の実効トラック幅E-twが0.17 $\mu$ mとなる値以下に設定することが好ましい。

【0119】第2電極層51と第1電極層43を直接電氣的に接続するためには、第2電極層51の下面51aが第1電極層43の上面43aの延長線Bよりも、図示下方向(Y反対方向)に位置していることが好ましい。ただし、第2電極層51の下面51aが、第1電極層43の上面43aの延長線Bと同じ高さ位置に形成されていてもよいし、第1電極層43の上面43aの延長線Bよりも、図示上方向(Y方向)に位置してもよい。この場合、第2電極層51に流された電流は、第2ハードバイアス層42を通して第1電極層43に流れる。

【0120】また、図4に示されるように、第2ハードバイアス層42に重なる位置に形成される第2電極層51のみ形成され、第1電極層が形成されなくともよい。

【0121】なお、図1から図4に示した実施の形態の磁気検出素子では、反強磁性層34の中央部分には隆起部34aが形成され、隆起部34aのトラック幅方向(図示X方向)における両側端面の基端からは、トラック幅方向に長く延びる延出部34bが形成されている。

【0122】反強磁性層34に延出部34bを形成し、この延出部34bの上にバイアス下地層39を介して第1ハードバイアス層40を積層する構造では、第1ハードバイアス層40を、フリー磁性層37の両側端面に十分な体積を有して対向させることができる。

【0123】ただし、図5に示されるように、反強磁性層34に延出部34bが形成されなくともよい。また、図5において、下地層33が反強磁性層34の下面のみに接して形成され、バイアス下地層39が下部ギャップ層32に直接接する構造としてもよい。

【0124】また、図1から図5に示した実施の形態の磁気検出素子では、第1ハードバイアス層40の多層膜Tの側面Tsと対向する側の側面40aは、固定磁性層35の側面、非磁性材料層36の側面、及び第2フリー磁性層37aの側面とのみ対向しており、第1フリー磁性層37cの側面とは対向していない。ただし、図6に示すように、ハードバイアス層40の側面40aが、固定磁性層35の側面、非磁性材料層36の側面、第2フリー磁性層37a、非磁性中間層37b、及び第1フリー磁性層37cの側面と対向してもよい。

【0125】図7は、本発明の第7の実施の形態の磁気検出素子を記録媒体との対向面側からみた断面図である。

【0126】図7に示される実施の形態の磁気検出素子は、第1電極層43が、多層膜Tの不感領域d上にまで延ばされて形成されている点でのみ図3の磁気検出素子と異なっている。

【0127】ハードバイアス層HからのX方向へのバイアス磁界により、フリー磁性層37の磁化は図示X方向に揃えられている。

【0128】ところで図7に示すように多層膜Tの中央に位置する領域は、感度領域eであり、その両側は、不感領域d、Dである。

【0129】感度領域eでは、固定磁性層35の磁化が、適正に図示Z方向に固定され、しかもフリー磁性層37の磁化が適正に図示X方向に揃えられており、固定磁性層35とフリー磁性層37の磁化が直交関係にある。そして記録媒体からの外部磁界に対し、フリー磁性層37の磁化が感度良く変動し、この磁化方向の変動と、固定磁性層35の固定磁化方向との関係で電気抵抗が変化し、この電気抵抗値の変化に基づく電圧変化により、記録媒体からの漏れ磁界が検出される。

【0130】すなわち多層膜Tの感度領域eは、実質的に磁気抵抗効果が発揮される部分であり、この部分で良好に再生機能が働く。

【0131】これに対し、感度領域eの両側に位置する不感領域d、Dでは、固定磁性層35及びフリー磁性層37の磁化が、第1ハードバイアス層40、40からの磁化の影響を強く受け、フリー磁性層37の磁化は、外部磁界に対し変動しにくくなっている。すなわち不感領域dは、磁気抵抗効果が弱く、再生機能が低下した領域である。

【0132】図7では、第1電極層43が、多層膜Tの不感領域d上にまで延ばされて形成されているので、第1電極層43からのセンス電流が、第1ハードバイアス層40に流れにくくなり、第1ハードバイアス層40を介さずに、直接多層膜Tに、前記センス電流を流す割合を多くでき、しかも第1電極層43を不感領域d上にまで延ばして形成することにより、多層膜Tと、第1電極層43との接合面積も大きくなるため直流抵抗値(DC

R)を下げることで、再生特性を向上させることが可能である。

【0133】また、第1電極層43が不感領域d上に延ばされて形成されると、センス電流が不感領域dに多く流れ込みノイズを発生させることを抑えることができる。

【0134】図8は、本発明の第8の実施の形態の磁気検出素子を記録媒体との対向面側からみた断面図である。

【0135】図8に示された磁気検出素子では、バイアス下地層39が、反強磁性層34の延出部34b上のみ成膜されている。従って、第1ハードバイアス層40は、多層膜T側の側面40aが、第2フリー磁性層37aの側面と直接接している。すると、第1ハードバイアス層40と第2フリー磁性層37aが磁氣的に連続体となり、第2フリー磁性層37aの側端部において反磁界が発生することを防ぐことができ、安定性が増す。

【0136】バイアス下地層39が、多層膜Tの側面上に形成された場合でも、第2フリー磁性層37aの側面上に形成されなければ、第1ハードバイアス層40と第2フリー磁性層37aの側面を直接接触させられる。

【0137】または、第1ハードバイアス層40と第2フリー磁性層37aとの間にバイアス下地層39が形成された場合でも、第1ハードバイアス層40と第2フリー磁性層37a間のバイアス下地層39の膜厚が1nm以下であれば、バイアス下地層39に生じたピンホールを通じて、第1ハードバイアス層40と第2フリー磁性層37aが磁氣的に連続体となり、第2フリー磁性層37aの側端部において反磁界が発生することを防ぐことができ、安定性が増す。

【0138】図9は、本発明の第9の実施の形態の磁気検出素子を記録媒体との対向面側からみた断面図である。

【0139】図9に示された磁気検出素子は、多層膜T1が図1ないし図8に示す磁気検出素子の多層膜Tの積層の順番を逆にしたものである。つまり、図9では、下地層33の上に、第1フリー磁性層37c、非磁性中間層37b、第2フリー磁性層37aからなるシンセティックフェリフリー型のフリー磁性層37、非磁性材料層36、第2固定磁性層35c、非磁性中間層35b、第1固定磁性層35aからなるシンセティックフェリピンド型の固定磁性層35、反強磁性層34、保護層38が連続して積層されている。

【0140】下地層33の上面と第2フリー磁性層37aの側面に接してCrなどによってバイアス下地層60が形成されている。バイアス下地層60の上には、第1ハードバイアス層61が形成されている。第1ハードバイアス層61は、多層膜T1側の側面61aが、バイアス下地層60を介して対向している。

【0141】第1ハードバイアス層61の上層には、第

2ハードバイアス層63が積層されている。第2ハードバイアス層63の多層膜T1側の側面63aは、多層膜T1の側面T1sから所定距離Sp1だけ離れた位置に設けられる。所定距離Sp1は、第2ハードバイアス層63から発生する磁界が多層膜T1中のフリー磁性層37に直接的に作用しない距離として設定される。なお、第2ハードバイアス層63は第1ハードバイアス層61上に直接接して積層されている。

【0142】第1ハードバイアス層61及び第2ハードバイアス層63は例えば、Co-Pt（コバルト-白金）合金やCo-Cr-Pt（コバルト-クロム-白金）合金などで形成されており、図示X方向（トラック幅方向）に着磁されている。

【0143】第1ハードバイアス層61上には、Taなどの非磁性材料で形成された中間層62が形成され、この中間層62の上に第1電極層64が形成されている。

【0144】さらに、第2ハードバイアス層63に重なる位置に第2電極層66が形成されている。なお、第2電極層66と第1電極層64は、直接電氣的に接続されている。

【0145】第1電極層64と第1ハードバイアス層61との間及び第2電極層66と第2ハードバイアス層63との間に、TaまたはCrからなる中間層62、65が設けられると、熱拡散を防ぐことができ、第1ハードバイアス層61と第2ハードバイアス層63の磁気特性の劣化を防止できる。

【0146】第1電極層64、第2電極層66としてTaを用いる場合には、Crの中間層62、65を設けることによってCrの上層に積層されるTaの結晶構造を低抵抗の体心立方構造にしやすくなる。

【0147】また、第1電極層64、第2電極層66としてCrを用いる場合には、Taの中間層62、65を設けることにより、Crがエピタキシャルに成長して、抵抗値を低減できる。

【0148】なお、第1電極層64及び第2電極層66はW、Ta、Cr、Cu、Rh、Ir、Ru、Auなどを材料として用いて形成することができる。特に、多層膜T1と電氣的に接続される第1電極層64を、磁気検出素子の記録媒体との対向面を研磨して直流抵抗値を調節する工程においてスミアが発生しにくいように、W、Ta、Rh、Ir、Ruなどの硬性の材料を用いて形成し、第2電極層66をCr、Cu、Au、Taなどの比抵抗の小さい材料を用いて形成することが好ましい。

【0149】多層膜T1の表面、第1電極層64の表面、及び第2電極層66の表面には、上部ギャップ層44が成膜され、上部ギャップ層44上には上部シールド層45が形成されている。上部シールド層45は、無機絶縁材料からなる保護層46によって覆われる。

【0150】第1ハードバイアス層61は、フリー磁性層37を構成する第2フリー磁性層37aと第1フリー

磁性層37cのうち、一方の磁化方向を揃えるだけでよい。図9では、第1フリー磁性層37cの磁化方向のみをそろえている。第1フリー磁性層37cの磁化方向が一定方向に揃えられ、第2フリー磁性層37aは磁化方向が反平行となるフェリ磁性状態となり、フリー磁性層37全体の磁化方向が一定方向に揃えられる。

【0151】本実施の形態では、第1ハードバイアス層61は図示X方向の静磁界を、主に第1フリー磁性層37cに与える。従って、ハードバイアス層61から発生する図示X方向の静磁界によって、第2フリー磁性層37aの磁化方向（図示X方向と逆向き）が乱されることを抑えることができる。

【0152】この実施例においては、多層膜T1の第1フリー磁性層37cは、反強磁性層34よりも下方に形成されており、第1ハードバイアス層61の膜厚の厚い部分と隣接しており、従って第1フリー磁性層37cの磁化は容易にX方向に揃えられる。これにより、バルクハウゼンノイズの発生を低減させることができる。

【0153】図10は、本発明の第10の実施の形態の磁気検出素子を記録媒体との対向面側からみた断面図である。

【0154】この磁気検出素子は、非磁性材料層106を中心として、その上下に第1フリー磁性層105、第2フリー磁性層107、非磁性導電層104、108、第1固定磁性層103、第3固定磁性層109、非磁性材料層102、110、第2固定磁性層101、第4固定磁性層111及び反強磁性層100、112が形成された、いわゆるデュアルスピバルブ型薄膜素子と呼ばれるものであり、図1ないし図9に示すスピバルブ型薄膜素子（シングルスピバルブ型薄膜素子と呼ばれる）よりも高い再生出力を得ることが可能である。なお最も下側に形成されている層が下地層33で、最も上側に形成されている層が保護層38であり、下地層33から保護層38までの積層体によって多層膜T2が構成されている。

【0155】本発明では、反強磁性層100、112がPt-Mn（白金-マンガン）合金膜により形成されている。あるいは前記Pt-Mn合金に代えて、X-Mn（ただしXは、Pd、Ir、Rh、Ruのいずれか1種または2種以上の元素である）で、あるいはPt-Mn-X'（ただしX'は、Pd、Ir、Rh、Ru、Au、Agのいずれか1種または2種以上の元素である）で形成されていてもよい。

【0156】前記第1フリー磁性層105、前記第2フリー磁性層107、前記第1固定磁性層103、前記第2固定磁性層101、前記第3固定磁性層109、前記第4固定磁性層111は、Ni-Fe（ニッケル-鉄）合金、Co（コバルト）、Co-Fe（コバルト-鉄）合金、Co-Fe-Ni合金などで形成されており、前記非磁性導電層104、108は、Cu（銅）などの電

気抵抗の低い非磁性導電材料で形成されている。

【0157】下地層33上から、第2固定磁性層101、非磁性材料層102、第1固定磁性層103、非磁性導電層104、第1フリー磁性層105の側面にかけて、Crなどで形成された緩衝膜及び配向膜となるバイアス下地層113、113が形成されており、このバイアス下地層113、113の形成によって、後述する第1ハードバイアス層114、114から発生するバイアス磁界を増大させることができる。

【0158】バイアス下地層113の上には、第1ハードバイアス層114が形成されている。第1ハードバイアス層114は、多層膜T2側の側面114aが、バイアス下地層113を介して対向している。

【0159】第1ハードバイアス層114の上層には、第2ハードバイアス層116が積層されている。第2ハードバイアス層116の多層膜T側の側面116aは、多層膜Tの側面T2sから所定距離Sp2だけ離れた位置に設けられる。所定距離Sp2は、第2ハードバイアス層116から発生する磁界が多層膜T2中のフリー磁性層Fに直接的に作用しない距離として設定される。なお、第2ハードバイアス層116は第1ハードバイアス層114上に直接接して積層されている。

【0160】第1ハードバイアス層114及び第2ハードバイアス層116は例えば、Co-Pt（コバルト-白金）合金やCo-Cr-Pt（コバルト-クロム-白金）合金などで形成されており、図示X方向（トラック幅方向）に着磁されている。

【0161】第1ハードバイアス層114上には、Taなどの非磁性材料で形成された中間層115が形成され、この中間層115の上に第1電極層117が形成されている。

【0162】さらに、第2ハードバイアス層116に重なる位置に、中間層118を介して第2電極層119が形成されている。なお、第2電極層119と第1電極層117は、直接電氣的に接続されている。

【0163】第1電極層117と第1ハードバイアス層114との間及び第2電極層119と第2ハードバイアス層116との間に、TaまたはCrからなる中間層115、118が設けられると、熱拡散を防ぐことができ、第1ハードバイアス層114と第2ハードバイアス層116の磁気特性の劣化を防止できる。

【0164】第1電極層117、第2電極層119としてTaを用いる場合には、Crの中間層115、118を設けることによってCrの上層に積層されるTaの結晶構造を低抵抗の体心立方構造にしやすくなる。

【0165】また、第1電極層117、第2電極層119としてCrを用いる場合には、Taの中間層115、118を設けることにより、Crがエピタキシャルに成長して、抵抗値を低減できる。

【0166】なお、第1電極層117及び第2電極層1

19はW, Ta, Cr, Cu, Rh, Ir, Ru, Auなどを材料として用いて形成することができる。特に、多層膜T2と電氣的に接続される第1電極層117を、磁気検出素子の記録媒体との対向面を研磨して直流抵抗値を調節する工程においてスミアが発生しにくいように、W, Ta, Rh, Ir, Ruなどの硬性の材料を用いて形成し、第2電極層119をCr, Cu, Au, Taなどの比抵抗の小さい材料を用いて形成することが好ましい。

【0167】多層膜T2の表面、第1電極層117の表面、及び第2電極層119の表面には、上部ギャップ層44が成膜され、上部ギャップ層44上には上部シールド45が形成されている。上部シールド層45は、無機絶縁材料からなる保護層46によって覆われる。

【0168】また、図10では、磁気モーメントが異なる前記第1固定磁性層103と前記第2固定磁性層101が、前記非磁性材料層102を介して積層されたものが、一つの固定磁性層P1として機能する。また、磁気モーメントが異なる前記第3固定磁性層109と前記第4固定磁性層111が、前記非磁性材料層110を介して積層されたものが、一つの固定磁性層P2として機能する。

【0169】前記第1固定磁性層103と前記第2固定磁性層101の磁化方向は、180度異なる反平行のフェリ磁性状態になっており、前記第1固定磁性層103と前記第2固定磁性層101とが互いに他方の磁化方向を固定しあうので、全体として固定磁性層P1の磁化方向を一定方向に安定させることができる。

【0170】図10では、前記第1固定磁性層103及び前記第2固定磁性層101を同じ材料を用いて形成し、さらに、それぞれの膜厚を異ならせることにより、それぞれの磁気モーメントを異ならせている。

【0171】また、前記第3固定磁性層109と前記第4固定磁性層111の磁化方向も、180度異なる反平行のフェリ磁性状態になっており、前記第3固定磁性層109と前記第4固定磁性層111とが互いに他方の磁化方向を固定しあっている。

【0172】なお、前記非磁性材料層102、110は、Ru, Rh, Ir, Cr, Re, Cuのうち1種あるいは2種以上の合金で形成されている。

【0173】前記第2固定磁性層101及び第4固定磁性層111は、それぞれ反強磁性層100及び112と接して形成され、磁場中アニールが施されることにより、前記第2固定磁性層101及び反強磁性層100との界面並びに前記第4固定磁性層111及び反強磁性層112との界面にて交換結合による交換異方性磁界が生じる。

【0174】前記第2固定磁性層101の磁化方向は、図示Z方向に固定される。前記第2固定磁性層101の磁化方向が図示Y方向に固定されると、前記非磁性材料

層102を介して対向する第1固定磁性層103の磁化方向が、前記第2固定磁性層101の磁化方向と反平行の状態に固定される。なお前記第2固定磁性層101の磁気モーメントと前記第1固定磁性層103の磁気モーメントを足し合わせた合成磁気モーメントの方向が前記固定磁性層P1の磁化方向となる。

【0175】前記第2固定磁性層101の磁化方向が図示Z方向に固定されるとき、前記第4固定磁性層111の磁化方向は、図示Z方向と反平行方向に固定されることが好ましい。このとき、前記非磁性材料層110を介して対向する第3固定磁性層109の磁化方向が、前記第4固定磁性層111の磁化方向と反平行方向に、すなわち、Z方向に固定される。なお前記第4固定磁性層111の磁気モーメントと前記第3固定磁性層109の磁気モーメントを足し合わせた合成磁気モーメントの方向が前記固定磁性層P2の磁化方向となる。

【0176】すると、前記第1フリー磁性層105、前記非磁性材料層106、前記第2フリー磁性層107を介して対向する、前記第1固定磁性層103と前記第3固定磁性層109の磁化方向は、互いに180度異なる反平行状態になる。

【0177】図10では、後述するように、フリー磁性層Fが前記第1フリー磁性層105と前記第2フリー磁性層107が、前記非磁性材料層106を介して積層されたものとして形成され、前記第1フリー磁性層105と前記第2フリー磁性層107の磁化方向が反平行となるフェリ磁性状態になっている。

【0178】前記第1フリー磁性層105と前記第2フリー磁性層107は、外部磁界の影響を受けて、フェリ磁性状態を保ったまま磁化方向を変化させる。このとき、前記第1固定磁性層103と前記第3固定磁性層109の磁化方向が、互いに180度異なる反平行状態になっていると、フリー磁性層Fより上層部分の抵抗変化率とフリー磁性層Fより下層部分の抵抗変化率の位相が等しくなる。

【0179】さらに、前記固定磁性層P1の磁化方向と前記固定磁性層P2の磁化方向が、反平行方向であることが好ましい。

【0180】例えば、磁化方向が図示Z方向に固定されている前記第2固定磁性層101の磁気モーメントの大きさを前記第1固定磁性層103の磁気モーメントの大きさよりも大きくし、固定磁性層P1の磁化方向を図示Z方向にする。一方、磁化方向が図示Z方向に固定されている前記第3固定磁性層109の磁気モーメントの大きさを前記第4固定磁性層111の磁気モーメントの大きさよりも小さくし、固定磁性層P2の磁化方向を図示Z方向と反平行方向にする。

【0181】すると、センス電流を図示X方向と反対の方向に流したときに発生するセンス電流磁界の方向と、固定磁性層P1の磁化方向及び固定磁性層P2の磁化方

10

20

30

40

50





シールド層45と下部シールド層31間の距離を $G_{ls}$ 、多層膜Tの中央Cと重なる位置における上部シールド層45と下部シールド層31間の距離を $G_{lc}$ としたときに、前記 $G_{ls}$ と $G_{lc}$ の差の値を、磁気検出素子の実効トラック幅 $E-Tw$ が $0.17\mu m$ となる値以下に設定することが好ましい。

【0197】なお、図1から図10の磁気検出素子において、前記 $G_{ls}$ と前記 $G_{lc}$ の値を、 $G_{lc}-20nm \leq G_{ls} \leq G_{lc}+90nm$ を満たす範囲に設定することが好ましい。より好ましくは、前記 $G_{ls}$ と前記 $G_{lc}$ の値を、 $G_{lc}-20nm \leq G_{ls} \leq G_{lc}+70nm$ を満たす範囲に設定することである。さらに好ましくは、前記 $G_{ls}$ と前記 $G_{lc}$ の値を、 $G_{lc}-20nm \leq G_{ls} \leq G_{lc}+30nm$ を満たす範囲に設定することである。

【0198】あるいは、前記 $G_{ls}$ と前記 $G_{lc}$ の値を、 $0.67 \leq G_{ls}/G_{lc} \leq 2.50$ を満たす範囲に設定することが好ましい。より好ましくは、前記 $G_{ls}$ と前記 $G_{lc}$ の値を、 $0.67 \leq G_{ls}/G_{lc} \leq 2.17$ を満たす範囲に設定することである。さらに好ましくは、前記 $G_{ls}$ と前記 $G_{lc}$ の値を、 $0.67 \leq G_{ls}/G_{lc} \leq 1.50$ を満たす範囲に設定することである。

【0199】なお、上述した前記 $G_{ls}$ と前記 $G_{lc}$ の値の範囲で、前記 $G_{ls}$ と前記 $G_{lc}$ の値を、 $G_{ls} > G_{lc}$ としても、 $G_{ls} = G_{lc}$ としても、 $G_{ls} < G_{lc}$ としてもよい。

【0200】 $G_{ls} > G_{lc}$ であれば、多層膜T、T1、T2の両側近傍における上部シールド層45と下部シールド層31間の距離は、多層膜T、T1、T2に重なる領域における上部シールド層45と下部シールド層31間の距離（ギャップ長）より大きい。

【0201】 $G_{ls} = G_{lc}$ であれば、多層膜T、T1、T2の両側近傍における上部シールド層45と下部シールド層31間の距離は、多層膜T、T1、T2に重なる領域における上部シールド層45と下部シールド層31間の距離（ギャップ長）に等しい。

【0202】 $G_{ls} < G_{lc}$ であれば、多層膜T、T1、T2の両側近傍における上部シールド層45と下部シールド層31間の距離は、多層膜T、T1、T2に重なる領域における上部シールド層45と下部シールド層31間の距離（ギャップ長）より小さい。

【0203】また、図11は、図3に示された磁気検出素子の多層膜Tと第1電極層43と第2電極層51を図3の図示上方から見た平面図である。

【0204】図11に示されるように、第1電極層43のハイト方向の奥行長さZ1が、多層膜Tのハイト方向の奥行長さZ2より長くされているので、磁気検出素子の直流抵抗値を小さくできる。

【0205】なお、図3及び図5～図10の磁気検出素子

では、2層の電極層を有する構成のみ示したが、電極層が3層以上であってもよい。

【0206】また、第2ハードバイアス層42、63、116上にさらに複数層のハードバイアス層が積層されてもよい。

【0207】なお、フリー磁性層37、Fと固定磁性層35、P1、P2は、単層の磁性材料層あるいは2層の磁性材料層（ $CoFe/NiFe$ など）として形成されてもよい。

【0208】図3に示された磁気検出素子の製造方法を説明する。まず図12に示すように、下部シールド層31、下部ギャップ層32を成膜する。下部シールド層31は、 $NiFe$ などの磁性材料を用いて形成し、下部ギャップ層32は $Al_2O_3$ 、 $SiO_2$ などの絶縁性材料を用いて形成する。下部シールド層31は、基板30上に、アルミナなどの絶縁性材料からなる図示しない下地層を介して積層されている。

【0209】さらに、下部ギャップ層32上に、図3に示される下地層33、反強磁性層34、第1固定磁性層35a、非磁性中間層35b、第2固定磁性層35cからなるシンセティックフェリビンド型の固定磁性層35、非磁性材料層36、第2フリー磁性層37a、非磁性中間層37b、第1フリー磁性層37cからなるシンセティックフェリフリー型のフリー磁性層37、保護層38を積層し、多層膜Tを形成する。

【0210】なおこの多層膜Tの代りに、図9に示すシングルスピナルブ型薄膜素子の多層膜T1、図10に示すデュアルスピナルブ型薄膜素子の多層膜T2であってもよい。

【0211】なお多層膜T、T1、またはT2を構成する反強磁性層を、 $PtMn$ 合金により形成することが好ましく、または $X-Mn$ （ただしXは、 $Pd$ 、 $Ir$ 、 $Rh$ 、 $Ru$ のいずれか1種または2種以上の元素である）あるいは $Pt-Mn-X'$ （ただしX'は、 $Pd$ 、 $Ir$ 、 $Rh$ 、 $Ru$ 、 $Au$ 、 $Ag$ のいずれか1種または2種以上の元素である）で形成してもよい。前記反強磁性層を上述した材質で形成する場合、固定磁性層との界面で交換結合磁界を発生させるには熱処理を施す必要がある。

【0212】次に、形成する磁気検出素子の光学トラック幅 $O-Tw$ の領域を覆うリフトオフ用のレジスト層R1を、多層膜T上にパターン形成する。

【0213】図12に示すように、レジスト層R1には、その下面に切り込み部R1a、R1aが形成されている。

【0214】次に図13に示す工程では、エッチングにより多層膜Tの両側を削り込む。本工程では、エッチングレート及びエッチング時間を制御し、反強磁性層34の側面を削り取らず残るようすることにより、反強磁性層34を図示X方向に長く形成している。なお、反強磁

性層34の側面を完全に削ると、図5に示される磁気検出素子を形成することができる。

【0215】さらに図14に示す工程では、多層膜Tの両側に、バイアス下地層39、39、第1ハードバイアス層40、中間層41を成膜する。バイアス下地層39はCr、Ti、Mo、またはW50Mo50のうちいずれか一種以上、好ましくはCrを、第1ハードバイアス層40はCo-Pt（コバルト-白金）合金やCo-Cr-Pt（コバルト-クロム-白金）合金などを、中間層41はTaを用いて形成した。本実施の形態では、バイアス下地層39、第1ハードバイアス層40、中間層41の成膜を異方性を有するスパッタ法を用いて行った。

【0216】本実施の形態では、第1ハードバイアス層40は多層膜Tと対向する側の側面40aの最上部40bが第2フリー磁性層37aの上面37a3と重なる高さ位置に形成される。すなわち、第1ハードバイアス層40の多層膜Tと対向する側の側面40aは、及び第2フリー磁性層37aの側面と対向する高さ位置まで成膜され、第1フリー磁性層37cの側面とは対向しないように形成されている。ただし、図6に示されるように、第1ハードバイアス層40の側面40aが、固定磁性層35の側面、非磁性材料層36の側面、第2フリー磁性層37a、非磁性中間層37b、及び第1フリー磁性層37cの側面と対向するようにしてもよい。

【0217】第1ハードバイアス層40は、フリー磁性層37を構成する第2フリー磁性層37aと第1フリー磁性層37cのうち、第2フリー磁性層37aの磁化方向のみをそろえている。第2フリー磁性層37aの磁化方向が一定方向に揃えられると、第1フリー磁性層37cは磁化方向が反平行となるフェリ磁性状態となり、フリー磁性層37全体の磁化方向が一定方向に揃えられる。

【0218】本実施の形態では、第1ハードバイアス層40は図示X方向の静磁界を、主に第2フリー磁性層37aに与える。従って、第1ハードバイアス層40から発生する図示X方向の静磁界によって、第1フリー磁性層37cの磁化方向（図示X方向と逆向き）が乱されることを抑えることができる。

【0219】次に図15に示す工程では、基板30表面の法線方向に対し所定の角度 $\theta_3$ から、中間層41、41上に第1電極層43を成膜する。第1電極層43は、多層膜Tの両側領域に、トラック幅方向に所定の間隔 $S_p$ を開けて形成された一対の電極からなる。

【0220】この際、第1電極層43を、多層膜T上に設けられたレジスト層R1の下面に形成された切り込み部R1a、R1a内にまで成膜してもよい。

【0221】なお、第1電極層43を形成するときには、図11に示されるように、第1電極層43のハイト方向の奥行長さZ1を、多層膜Tのハイト方向の奥行長さZ2より長く形成することが好ましい。

【0222】そしてレジスト層R1を、レジスト剥離液を用いながらリフトオフによって除去した後、図16に示すように、切り込み部R2a、R2aの形成されたりフトオフ用のレジスト層R2を多層膜T及び第1電極層43上に形成する。

【0223】次に、エッチングにより第1電極層43、中間層41、第1ハードバイアス層40を削り込む。本工程では、エッチングレート及びエッチング時間を制御し、第1ハードバイアス層40を全て削り取らず残るようする。

【0224】次に、基板30表面の法線方向に対し所定の角度 $\theta_4$ から、第1ハードバイアス層40上に第2ハードバイアス層42、中間層50、第2電極層51を連続成膜する。

【0225】このようにして、第1ハードバイアス層40の上層に、多層膜T側の側面40aが多層膜Tの側面Tsから所定距離 $S_p$ だけ離れた位置にある第2ハードバイアス層42が積層されている磁気検出素子を形成することができる。所定距離 $S_p$ は、第2ハードバイアス層42から発生する磁界が多層膜T中のフリー磁性層37に直接的に作用しない距離として設定される。なお、第2ハードバイアス層42は第1ハードバイアス層40上に直接接して積層されている。

【0226】第1ハードバイアス層40及び第2ハードバイアス層42は例えば、Co-Pt（コバルト-白金）合金やCo-Cr-Pt（コバルト-クロム-白金）合金などで形成される。また、第1ハードバイアス層40及び第2ハードバイアス層42は成膜後、図示X方向（トラック幅方向）に着磁される。

【0227】なお、第1ハードバイアス層40の膜厚 $t_1$ よりも第2ハードバイアス層42の膜厚 $t_2$ を厚くすることが好ましい。

【0228】第2ハードバイアス層42、中間層50、第2電極層51を成膜するときには、例えば、多層膜Tが形成された基板30に対し、第2ハードバイアス層42、中間層50、第2電極層51の組成で形成されたターゲットを斜めに傾けて、前記ターゲットを前記基板30上で移動または回転させながら、イオンビームスパッタ法、ロングスロースパッタ法、コリメーションスパッタ法のいずれかまたはそれらを組み合わせたスパッタ法により成膜する。

【0229】または、前記ターゲットを固定して基板30側を、前記ターゲットに対し斜め方向に移動または回転させてもよい。

【0230】なお、第2ハードバイアス層42、中間層50、第2電極層51を成膜するときの成膜角度 $\theta_4$ を、第1電極層43を成膜するときの成膜角度 $\theta_3$ よりも大きくすることが好ましい。成膜角度 $\theta_4 >$  成膜角度 $\theta_3$ とすることにより、多層膜T表面に平行な平面と第2電極層51の前端縁の接平面とがなす角度 $\theta_2$ を、多

層膜T表面に平行な平面と第1電極層43の前端縁の接平面とがなす角度 $\theta 1$ より小さくできる。

【0231】 $\theta 1 > \theta 2$ とすると、多層膜Tに直接接続される第1電極層43から多層膜Tへの電流の供給を安定化することができる。

【0232】また、多層膜Tの両側近傍における上部シールド層45と下部シールド層31間の距離が大きくなることを抑え、かつ磁気検出素子の直流抵抗値を小さくするために、第2電極層51の膜厚 $t 4$ を、第1電極層43の膜厚 $t 3$ より厚くすることが好ましい。

【0233】また、多層膜Tと電氣的に接続される第1電極層43を、磁気検出素子の記録媒体との対向面を研磨して直流抵抗値を調節する工程においてスミアが発生しにくいように、W、Ta、Rh、Ir、Ruなどの硬性の材料を用いて形成し、第2電極層51をCr、Cu、Au、Taなどの比抵抗の小さい材料を用いて形成することが好ましい。

【0234】そしてレジスト層R2を、レジスト剥離液を用いながらリフトオフによって除去した後、多層膜T、第1電極層43及び第2電極層51上に、図18に示すように、上部ギャップ層44を成膜する。

【0235】さらに、図19に示す工程では、多層膜T及び第1電極層43上の一部と重なる領域に、切り込み部の形成されたリフトオフ用のレジスト層R3を積層し、基板30に対し斜め方向から第1電極層43上の一部及び第2電極層51上の全ての領域と重なる絶縁層52を成膜する。

【0236】レジスト層R3を、レジスト剥離液を用いながらリフトオフによって除去した後、図20に示すように、上部ギャップ層44及び絶縁層52上に上部シールド層45を成膜し、上部シールド層45上に保護層46を成膜する工程を経て、図3の磁気検出素子が完成する。

【0237】なお、上記した磁気検出素子の製造方法において、第1電極層43と、第2電極層51のうち、第1電極層43のみと重なる領域であって、絶縁層52と重ならない領域S1、S1における上部シールド層45と下部シールド層31間の距離を $G1s$ 、多層膜Tの中央Cと重なる位置における上部シールド層45と下部シールド層31間の距離を $G1c$ としたときに、前記 $G1s$ と前記 $G1c$ の差の値を、磁気検出素子の実効トラック幅が $0.17\mu m$ となる値以下となるように、磁気検出素子を構成する各層の膜厚を設定することが好ましい。

【0238】具体的には、前記 $G1s$ と前記 $G1c$ の値を、 $G1c - 20nm \leq G1s \leq G1c + 90nm$ を満たす範囲に設定することが好ましい。より好ましくは、前記 $G1s$ と前記 $G1c$ の値を、 $G1c - 20nm \leq G1s \leq G1c + 70nm$ を満たす範囲に設定することである。さらに好ましくは、前記 $G1s$ と前記 $G1c$ の値

を、 $G1c - 20nm \leq G1s \leq G1c + 30nm$ を満たす範囲に設定することである。

【0239】あるいは、前記 $G1s$ と前記 $G1c$ の値を、 $0.67 \leq G1s / G1c \leq 2.50$ を満たす範囲に設定することが好ましい。より好ましくは、前記 $G1s$ と前記 $G1c$ の値を、 $0.67 \leq G1s / G1c \leq 2.17$ を満たす範囲に設定することである。さらに好ましくは、前記 $G1s$ と前記 $G1c$ の値を、 $0.67 \leq G1s / G1c \leq 1.50$ を満たす範囲に設定することである。

【0240】前記 $G1s$ と $G1c$ の差の値を所定の値以下とすることによって、多層膜Tの両側近傍における上部シールド層45と下部シールド層31間の距離が大きくなることを抑え、実効トラック幅 $E-Tw$ を小さくすることができる。

【0241】また、本実施の形態でも、多層膜T近傍においては薄い第1電極層を単層とし、多層膜Tから離れたところの膜厚を、第1電極層上に第2電極層を積層することによって大きくしている。

【0242】この結果、多層膜Tの両側近傍における上部シールド層45と下部シールド層31間の距離を小さくしつつ、磁気検出素子の直流抵抗値を小さくすることができる。

【0243】また、多層膜T近傍において、第1電極層43を薄く形成できるので、多層膜Tの表面と第1電極層43の側面42aとによって形成される段差Dを低くできる。従って、上部ギャップ層44の膜厚を小さくしても、この段差D上に上部ギャップ層44が確実に形成されるようにできる。すなわち、上部シールド層45と第2電極層51との間の電氣的短絡をより確実に防止できるようになる。

【0244】以上、図3に示された磁気検出素子の製造方法について説明した。なお、上記製造工程において絶縁層52の形成を省略してもよい。また、前記 $G1s$ と前記 $G1c$ の値の上述した範囲内で、前記 $G1s$ と前記 $G1c$ の値を $G1s > G1c$ としても、 $G1s = G1c$ としても、 $G1s < G1c$ としてもよい。

【0245】また、図17の工程において、中間層50及び第2電極層51の形成を省略することにより図1または図2に示された磁気検出素子を形成できる。

【0246】また、図15の工程において、中間層41及び第1電極層43の形成を省略することにより、図4の磁気検出素子を形成できる。

【0247】図7の磁気検出素子を形成するときには、マイクロトラックプロファイル法などを用いて多層膜Tの不感領域dの幅寸法を、予め別の磁気ヘッドを用いて測定しておき、この不感領域d上のみを覆うように、リフトオフ用のレジスト層を形成し、第1電極層43を成膜するときに、前記レジスト層の切り込み部内にまで、第1電極層43を形成すればよい。

10

20

30

40

50

【0248】図8に示された磁気検出素子を形成するときには、図21に示されるように、バイアス下地層39、39を基板30の表面に対する法線方向から成膜すればよい。例えば、バイアス下地層39、39をスパッタ成膜するためのターゲットを基板30に平行となるように対向させ、スパッタ粒子S<sub>a</sub>の角度分布が狭く直進性のよい方法（イオンビームスパッタ法、ロングスロースパッタ法、コリメーションスパッタ法のいずれかまたはそれらを組み合わせたスパッタ法）によって形成する。これにより、多層膜Tの側面に堆積するスパッタ粒子がほとんどなく、多層膜T中の反強磁性層34の延出部34b上にのみ成膜されるようにできる。

【0249】さらに、第1ハードバイアス層40を等方性または異方性のスパッタ法を用いて成膜することにより、図8に示されるように、第1ハードバイアス層40多層膜T側の側面40aが、第2フリー磁性層37aの側面と直接接するようにできる。すると、第1ハードバイアス層40と第2フリー磁性層37aが磁気的に連続体となり、第2フリー磁性層37aの側端面において反磁界が発生することを防ぐことができ、安定性が増す。

【0250】レジスト層R1の端部R1bの位置と、スパッタ粒子S<sub>a</sub>の角度分布及び直進性を設定することにより、バイアス下地層39が多層膜Tの側面上に全く形成されないようにすること、第2フリー磁性層37aの側面上に形成されない範囲でバイアス下地層39が多層膜Tの側面上に形成されるようにすること、第1ハードバイアス層40と第2フリー磁性層37a間のバイアス下地層39の膜厚が1nm以下となるようにバイアス下地層39が多層膜Tの側面上に形成されるようにすること、のうちいずれかになるようにできる。

【0251】また、3層以上の電極層を形成するためには、切り込み部の形成されたリフトオフ用のレジスト層を多層膜Tから既に形成された複数層の電極層のうち最上層の電極層上にかけて形成し、前記最上層の電極層上にさらに別の電極層を、前記基板の法線方向に対し所定の成膜角度から成膜し、その後前記レジスト層を除去する工程を繰り返せばよい。

【0252】図12から図15に示された工程において、多層膜Tをマスクするレジスト層を2層レジスト法、イメージリバース法などによって形成された切り欠き部R1a、R1aを有するリフトオフ用のレジスト層R1としている。

【0253】ただし、本発明では、図22に示されるように、切り欠き部を有さないレジスト層R4を用いて、形成する磁気検出素子の光学トラック幅O-Twの領域を覆う領域をマスクしてもよい。光学トラック幅O-Twを0.2μm以下の幅寸法で形成するときには、電子ビームリソグラフィなどを用いて、切り欠き部を有さないレジスト層R4を形成することが有効である。

【0254】レジスト層R4の形成後、図23に示すこ

とくエッチングにより多層膜Tの両側を削り込む。

【0255】さらに図24に示す工程では、多層膜Tの両側に、バイアス下地層39、39、第1ハードバイアス層40、40、中間層41、41、及び第1電極層43、43を成膜する。

【0256】本発明では、多層膜T近傍において第1電極層43を薄く形成でき、多層膜Tの表面と第1電極層43の側面とによって形成される段差Dの高さ寸法を低くできる。従って、レジスト層R4が切り欠き部を有さなくとも、第1電極層43の成膜後にレジスト層R4を確実に除去できる。

【0257】なお、本発明の磁気検出素子に記録用のインダクティブヘッドを積層して、記録再生複合型磁気ヘッドを構成してもよい。

【0258】また、本発明のハードバイアス層の構成は、CPPGMR型磁気検出素子、TMR（トンネル効果磁気抵抗効果）型磁気検出素子のフリー磁性層を単磁区化するために用いることもできる。

【0259】

【実施例】図3に示された構造の磁気検出素子を用いて浮上式磁気ヘッドを形成し、磁気検出素子の多層膜Tの中央Cと重なる位置における上部シールド層45と下部シールド層31間の距離G1cを固定し、第1電極層43のみと重なる領域であって、絶縁層52と重ならない領域S1、S1における上部シールド層45と下部シールド層31間の距離G1sを変化させたときの実効トラック幅（effective read width）E-Twを測定した。

【0260】実効トラック幅E-Twの測定は、先に説明したフルトラックプロファイル法を用いて行った（図26参照）。

【0261】測定に用いた磁気検出素子のG1cは60nm、光学的トラック幅O-Twを0.15μm、多層膜Tのハイト方向奥行き長Z2を0.1μm、記録媒体からの磁気的な浮上量を18nmとした。また、第1ハードバイアス層40の残留磁化×膜厚の値を7.5T・nmとしたときと21.7T・nmとしたときの2通りの場合について調べた。

【0262】図25に、前記G1sとG1cの差の値と実効トラック幅E-Twとの関係を示すグラフを示す。

【0263】図25のグラフから、前記G1sの値が小さくなると実効トラック幅E-Twが小さくなることが分かる。

【0264】第1ハードバイアス層40の残留磁化×膜厚の値を7.5T・nmとした場合、実効トラック幅E-Twを0.17μm以下にするためには、前記G1sとG1cの差の値を90nm以下とすればよいことが分かる。さらに、前記G1sとG1cの差の値を70nm以下とすれば、実効トラック幅E-Twを0.167μm以下にでき、前記G1sとG1cの差の値を30nm

10

20

30

40

50

以下とすれば、実効トラック幅 $E-Tw$ を $0.165\mu m$ 以下にできる。

【0265】また、第1ハードバイアス層40の残留磁化 $\times$ 膜厚の値を $21.7T\cdot nm$ とした場合、前記 $Gls$ と $Glc$ の差の値を $70nm$ 以下とすれば、実効トラック幅 $E-Tw$ を $0.16\mu m$ 以下にでき、前記 $Gls$ と $Glc$ の差の値を $30nm$ 以下とすれば、実効トラック幅 $E-Tw$ を $0.157\mu m$ 以下にできる。

【0266】なお、充分な厚さの第1ハードバイアス層40を形成するためには、 $Gls-Glc\geq-20nm$  10とすることが好ましい。

【0267】これらの結果から、本発明では、前記 $Gls$ と前記 $Glc$ の値を、 $Glc-20nm\leq Gl s\leq Gl c+90nm$ を満たす範囲に設定することが好ましいとし、より好ましくは、 $Glc-20nm\leq Gl s\leq Gl c+70nm$ を満たす範囲に設定すること、さらに好ましくは、 $Glc-20nm\leq Gl s\leq Gl c+30nm$ を満たす範囲に設定することとした。

【0268】また、前記 $Glc$ が $60nm$ であることと、上記前記 $Gls$ と前記 $Glc$ の好ましい値の範囲と 20から、前記 $Gls$ と前記 $Glc$ の値を、 $0.67\leq Gl s/Glc\leq 2.50$ を満たす範囲に設定することが好ましいとし、より好ましくは、 $0.67\leq Gl s/Glc\leq 2.17$ を満たす範囲に設定すること、さらに好ましくは、 $0.67\leq Gl s/Glc\leq 1.50$ を満たす範囲に設定することとした。

【0269】

【発明の効果】以上詳細に説明した本発明では、第1ハードバイアス層の膜厚を薄くすることにより、前記フリー磁性層の磁化方向をそろえる前記第1ハードバイアス層の静磁界の強さを弱くすることができる。すなわち、前記ハードバイアス層の前記フリー磁性層と近接している部分における残留磁化 $\times$ 膜厚の値を小さくできる。

【0270】従って、前記多層膜に形成される不感領域の幅寸法を小さくし、感度領域を広くでき、磁気検出素子の感度を向上させることができる。

【0271】さらに、前記多層膜の側面から所定距離離れた位置では、前記第2ハードバイアス層が前記第1ハードバイアスの上層または下層に直接接して積層されることによって前記ハードバイアス層の膜厚が厚くされて 40おり、ハードバイアス層の保磁力 $H_c$ や角型比を大きくできる。従って、外乱の磁界が存在していても、前記フリー磁性層を安定した単磁区化状態にしておくことができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施の形態の磁気検出素子を記録媒体との対向面側から見た断面図、

【図2】本発明の第2の実施の形態の磁気検出素子を記録媒体との対向面側から見た断面図、

【図3】本発明の第3の実施の形態の磁気検出素子を記 50

録媒体との対向面側から見た断面図、

【図4】本発明の第4の実施の形態の磁気検出素子を記録媒体との対向面側から見た断面図、

【図5】本発明の第5の実施の形態の磁気検出素子を記録媒体との対向面側から見た断面図、

【図6】本発明の第6の実施の形態の磁気検出素子を記録媒体との対向面側から見た断面図、

【図7】本発明の第7の実施の形態の磁気検出素子を記録媒体との対向面側から見た断面図、

【図8】本発明の第8の実施の形態の磁気検出素子を記録媒体との対向面側から見た断面図、

【図9】本発明の第9の実施の形態の磁気検出素子を記録媒体との対向面側から見た断面図、

【図10】本発明の第10の実施の形態の磁気検出素子を記録媒体との対向面側から見た断面図、

【図11】図3に示された磁気検出素子の多層膜Tと第1電極層43と第2電極層51を図3の図示上方から見た平面図、

【図12】本発明の磁気検出素子の製造方法の実施の形態を示す一工程図、

【図13】本発明の磁気検出素子の製造方法の実施の形態を示す一工程図、

【図14】本発明の磁気検出素子の製造方法の実施の形態を示す一工程図、

【図15】本発明の磁気検出素子の製造方法の実施の形態を示す一工程図、

【図16】本発明の磁気検出素子の製造方法の実施の形態を示す一工程図、

【図17】本発明の磁気検出素子の製造方法の実施の形態を示す一工程図、

【図18】本発明の磁気検出素子の製造方法の実施の形態を示す一工程図、

【図19】本発明の磁気検出素子の製造方法の実施の形態を示す一工程図、

【図20】本発明の磁気検出素子の製造方法の実施の形態を示す一工程図、

【図21】本発明の磁気検出素子の製造方法の実施の形態を示す一工程図、

【図22】本発明の磁気検出素子の製造方法の実施の形態を示す一工程図、

【図23】本発明の磁気検出素子の製造方法の実施の形態を示す一工程図、

【図24】本発明の磁気検出素子の製造方法の実施の形態を示す一工程図、

【図25】前記 $Gls$ と $Glc$ の差の値と実効トラック幅との関係を示すグラフ、

【図26】フルトラックプロファイル法を説明するためのグラフ、

【図27】従来の磁気検出素子を記録媒体との対向面側から見た断面図、

## 【符号の説明】

31 下部シールド層  
 32 下部ギャップ層  
 33 下地層  
 34 反強磁性層  
 35 固定磁性層  
 35a 第1固定磁性層  
 35b 非磁性中間層  
 35c 第2固定磁性層  
 36 非磁性材料層  
 37 フリー磁性層  
 37a 第2フリー磁性層  
 37b 非磁性中間層

37c 第1フリー磁性層  
 38 保護層  
 39 バイアス下地層  
 40 第1ハードバイアス層  
 41 中間層  
 42 第2ハードバイアス層  
 43 第1電極層  
 44 上部ギャップ層  
 45 上部シールド層  
 10 46 保護層  
 51 第2電極層  
 T、T1、T2 多層膜

【図1】

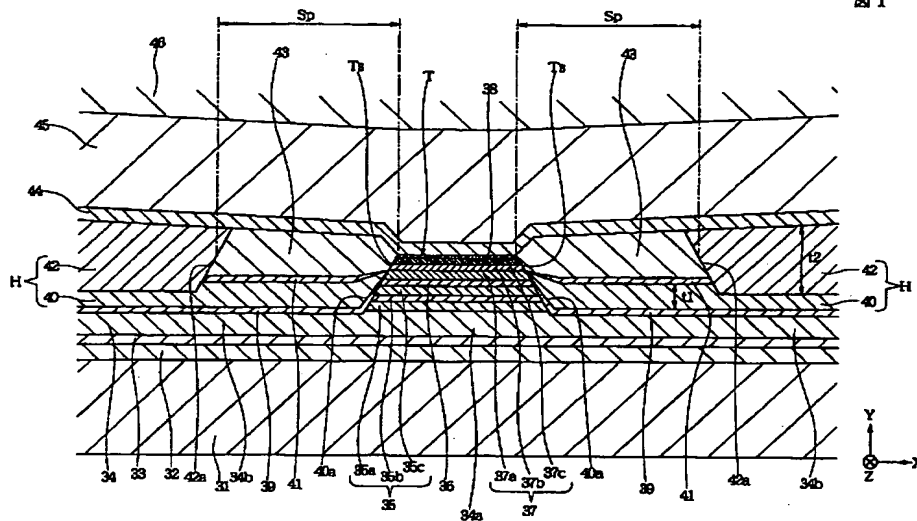


図1

【図11】

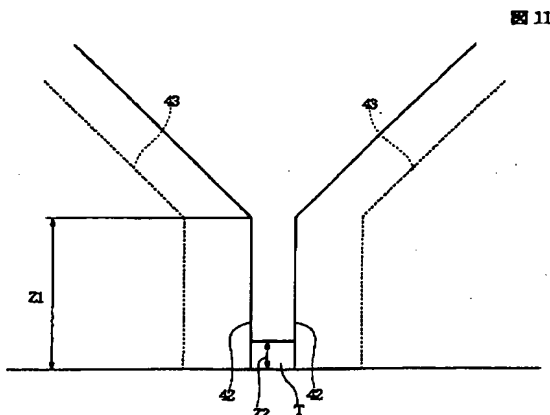


図11

【図12】

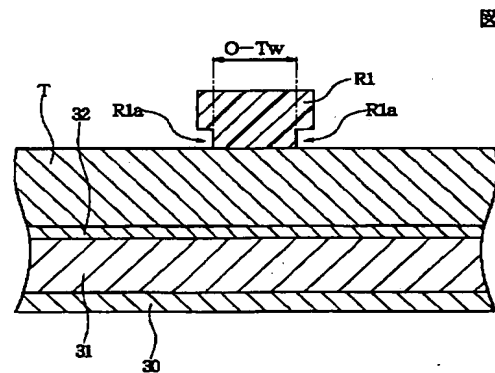
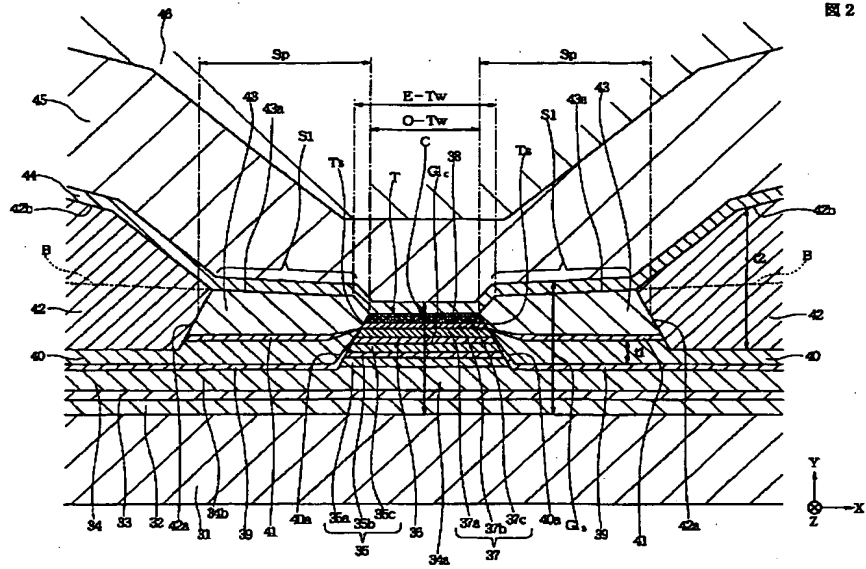
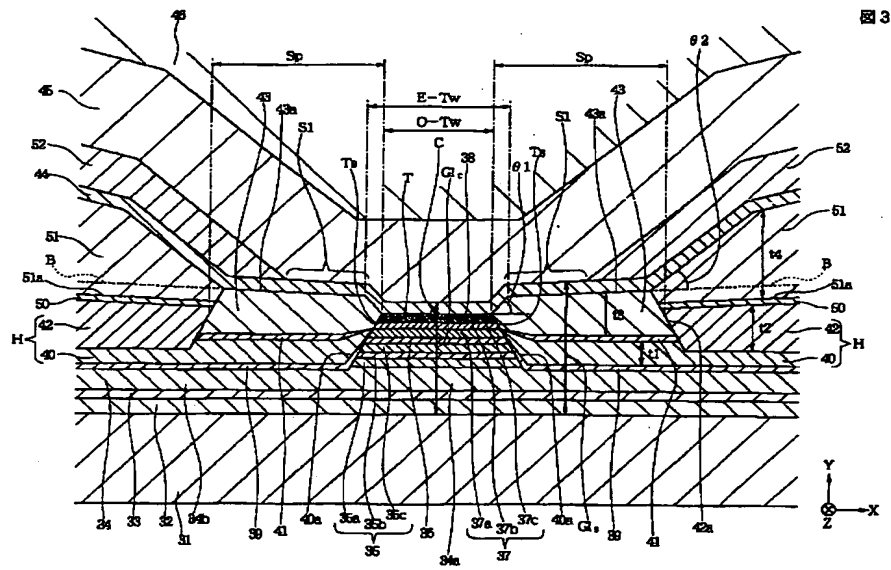


図12

【図2】

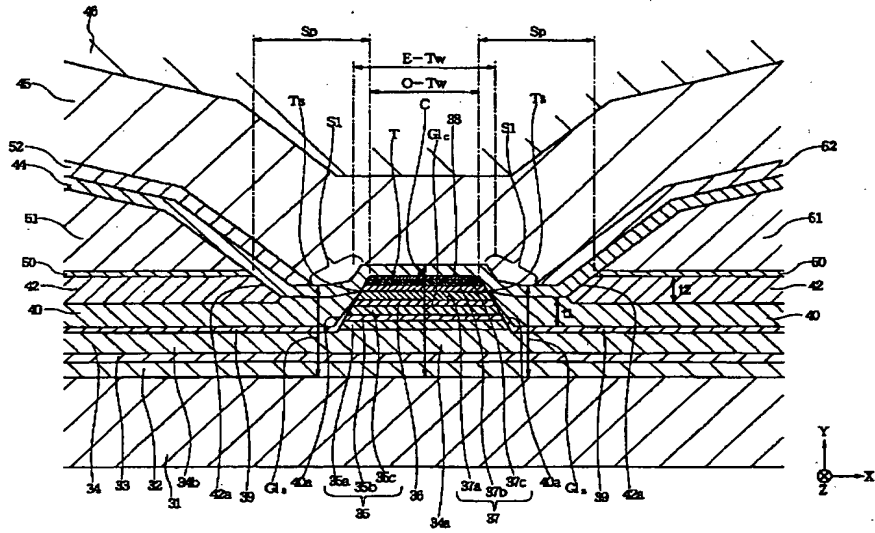


【図3】



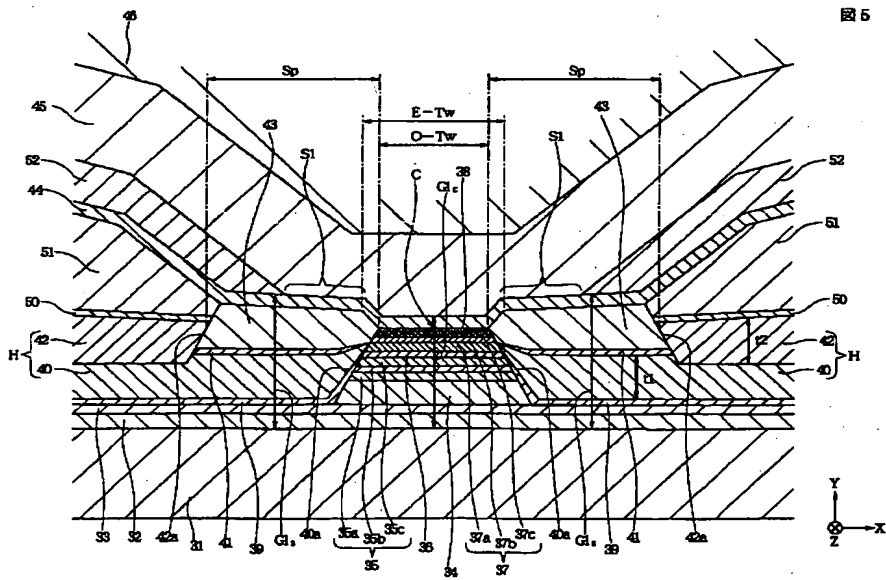
【図4】

図4



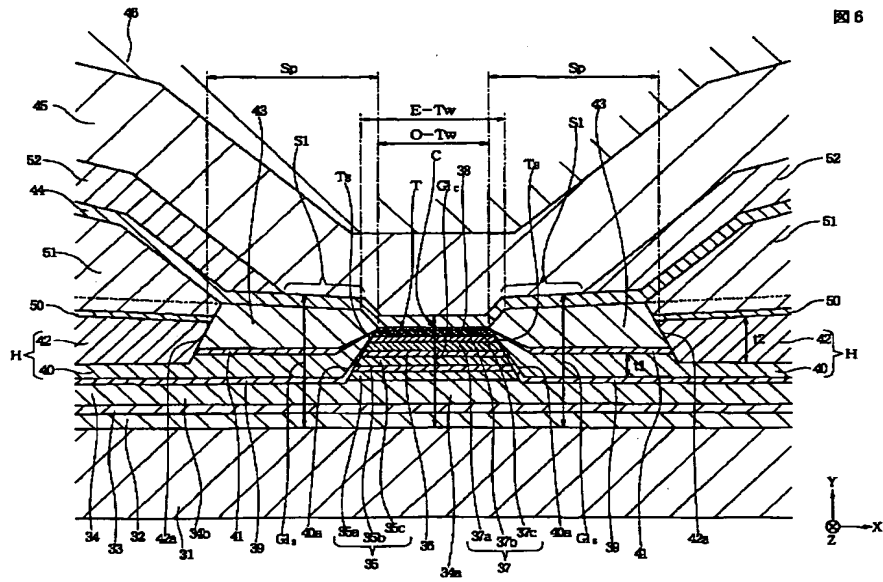
【図5】

図5

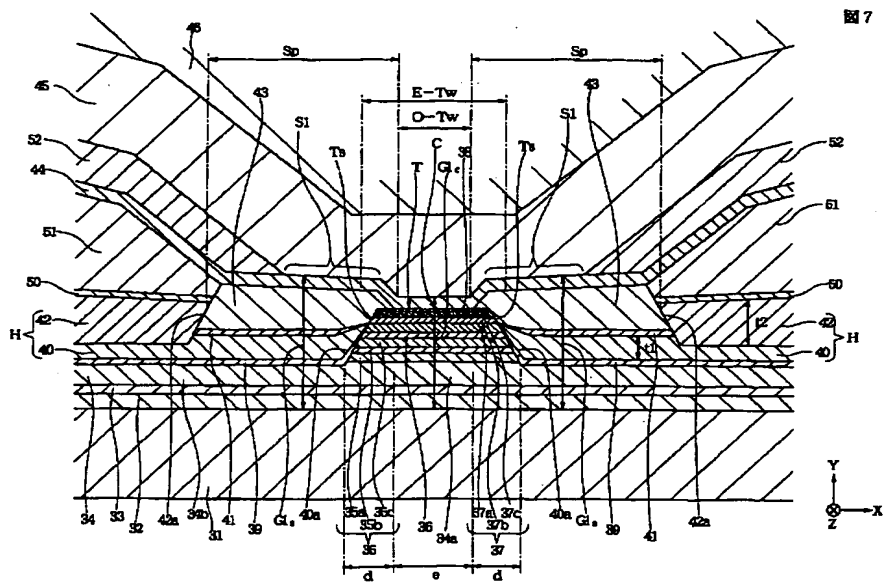




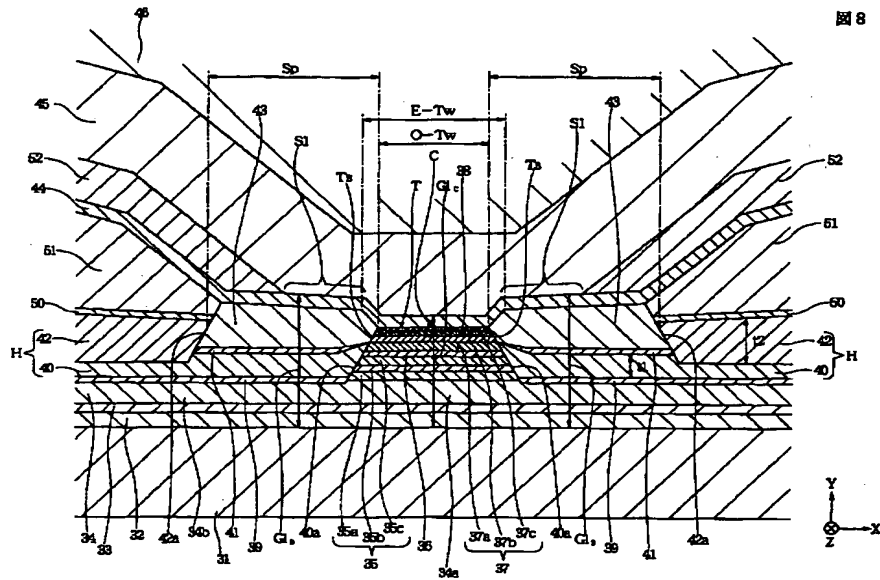
【図 6】



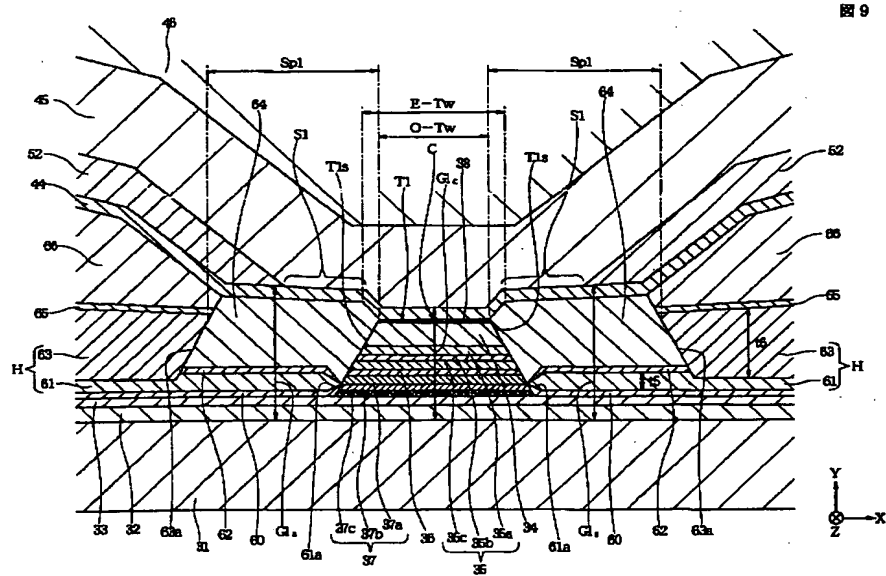
【图7】



【图 8】



【図 9】



【図10】

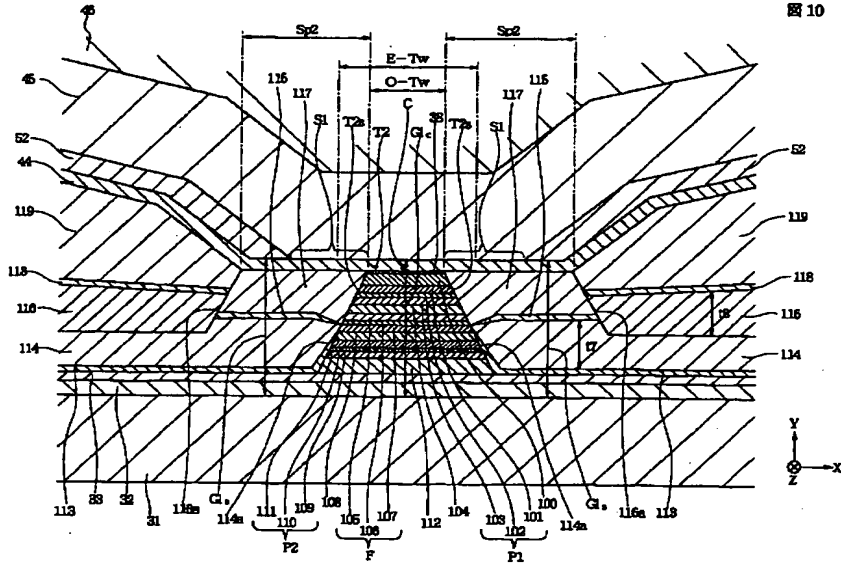


図10

【図13】

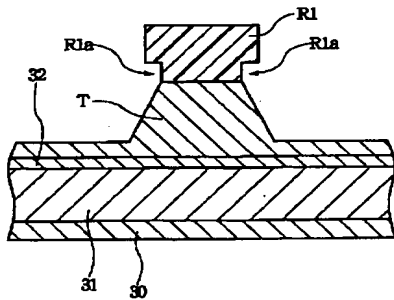


図13

【図14】

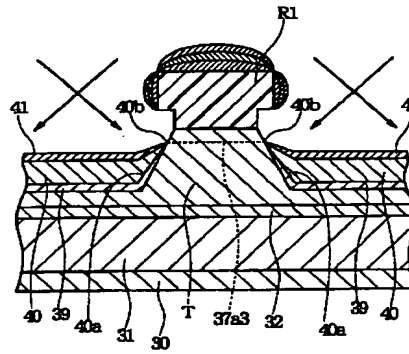


図14

【図15】

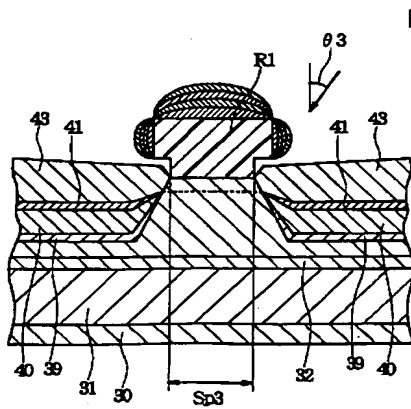


図15

【図16】

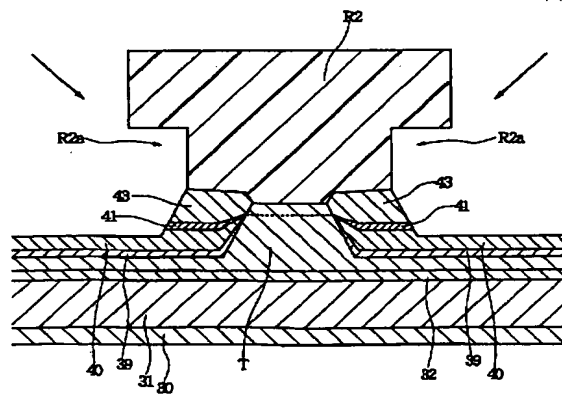
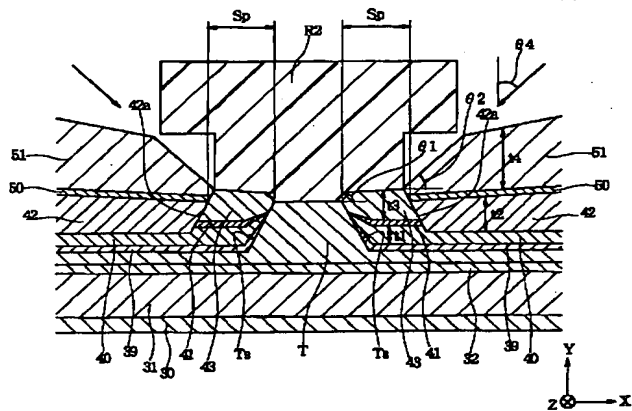
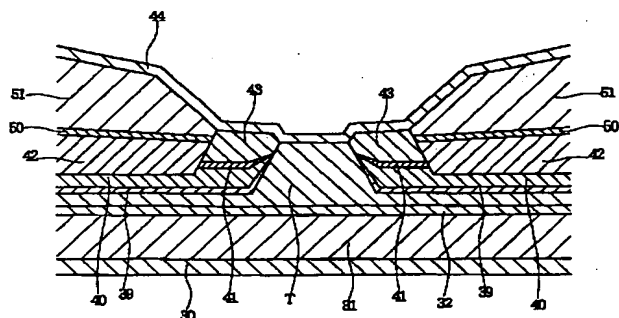


図16

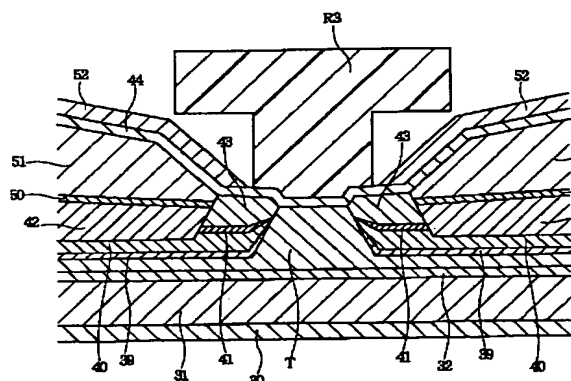
【图 17】



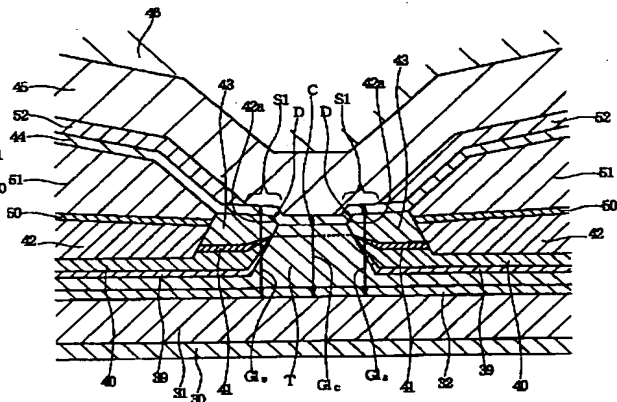
【圖 18】



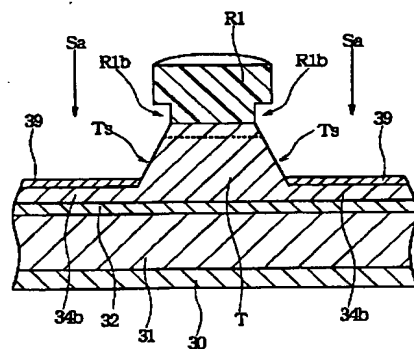
【图 19】



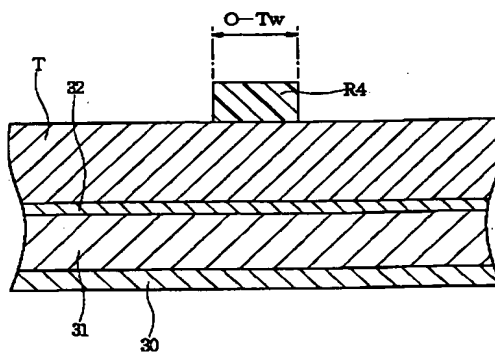
【図 20】



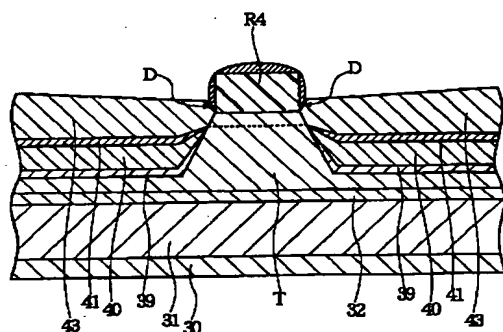
【图 2 1】



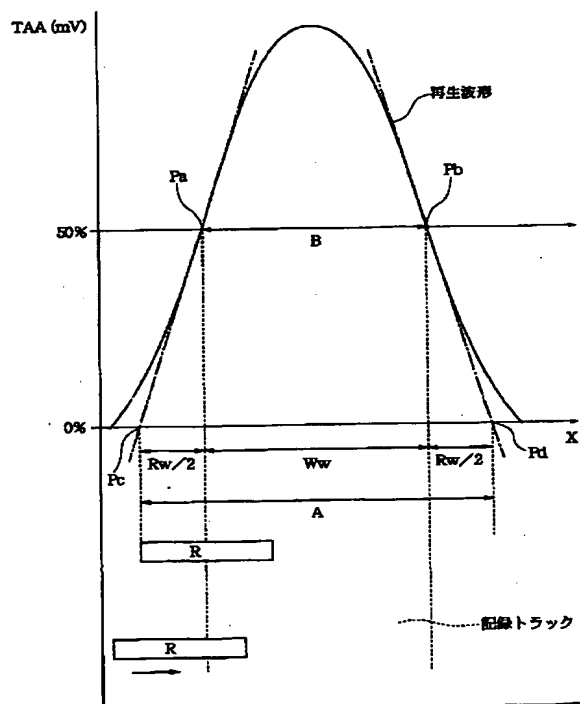
【圖 2 2】



【圖 24】

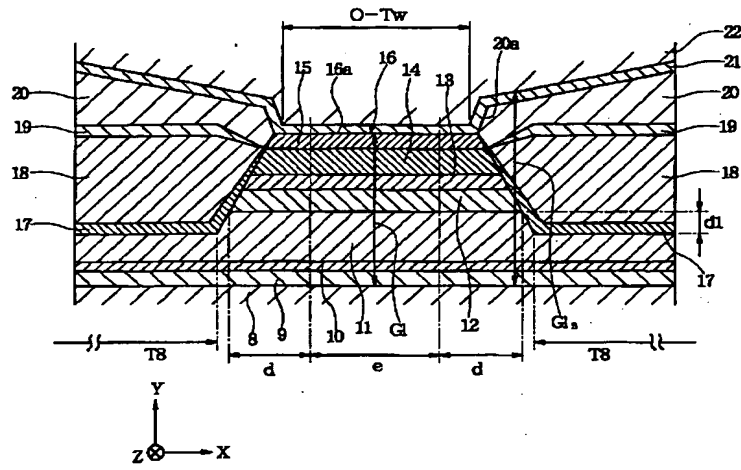


【图 2 6】



【図 27】

図 27



# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-280644

(43)Date of publication of application : 27.09.2002

(51)Int.Cl.

H01L 43/08

G01R 33/09

G11B 5/39

H01L 43/12

(21)Application number : 2001-083181

(71)Applicant : ALPS ELECTRIC CO LTD

(22)Date of filing : 22.03.2001

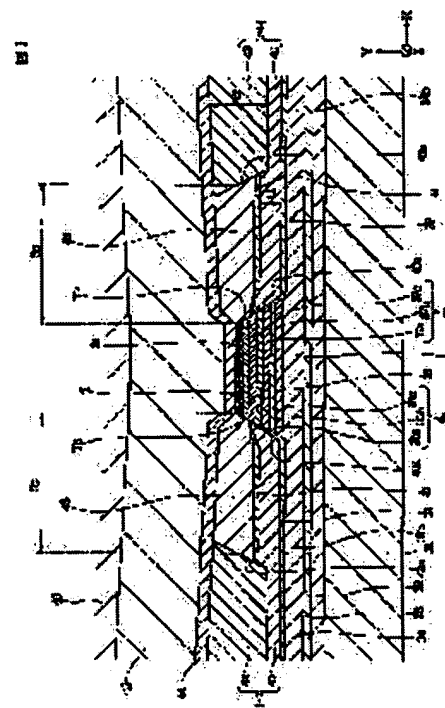
(72)Inventor : HASEGAWA NAOYA  
NAKAZAWA YUKIE

## (54) MAGNETIC DETECTION ELEMENT AND ITS MANUFACTURING METHOD

### (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To solve the problem that coercive force and square ratio in a hard bias layer and stability in a bias magnetic field are reduced when the hard bias layer is thinned although the hard bias layer has to be thinned for obtaining sufficient reproduction sensitivity when reproduction track width becomes narrow in the conventional magnetic detection element.

**SOLUTION:** A second hard bias layer 42 is laminated at a position apart from a multilayer film T on a thin first hard bias layer 40 by specific distance.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

27.02.2003

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or

application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's  
decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's  
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office



\* NOTICES \*

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.\*\*\*\* shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

---

CLAIMS

---

[Claim(s)]

[Claim 1] The multilayers which have the fixed magnetic layer to which the magnetization direction is fixed by the switched connection field with an antiferromagnetism layer and said antiferromagnetism layer, a non-magnetic material layer, and the free magnetic layer to which magnetization is changed to an external magnetic field, In the magnetic sensing element which has a hard bias layer for arranging the magnetization direction of said free magnetic layer in the fixed direction said hard bias layer The 1st hardware bias layer which has countered through the bias substrate layer which the side face by the side of said multilayers is directly in contact with the side face of said multilayers, or becomes from the side face and non-magnetic material of said multilayers, The magnetic sensing element which a laminating is carried out directly in contact with the upper layer or the lower layer of said 1st hardware bias, and is characterized by having the 2nd hardware bias layer which has a side face by the side of said multilayers in predetermined distance detached building \*\*\*\*\* from the side face of said multilayers.

[Claim 2] A magnetic sensing element according to claim 1 with the thickness of said 2nd hardware bias layer thicker than the thickness of said 1st hardware bias layer.

[Claim 3] Said 1st hardware bias layer is a magnetic sensing element according to claim 1 or 2 which the side face by the side of said multilayers has countered through the bias substrate layer of 1nm or less of thickness to which it becomes the side face of said free magnetic layer from a non-magnetic material.

[Claim 4] The magnetic sensing element according to claim 1 to 3 in which the insulating layer which laps with the part on said 1st hardware bias layer and all the fields on said 2nd hardware bias layer is formed.

[Claim 5] Said multilayers and said hard bias layer are formed on the lower gap layer which consists of an insulating ingredient by which a laminating is carried out on lower shielding which consists of a magnetic material formed on the substrate. The up gap layer which consists of an insulating ingredient on said multilayers and said hard bias layer, The up shielding layer which consists of a magnetic material by which a laminating is carried out is formed on said up gap layer. The distance between said up shielding layer in the field which laps only with said 1st hardware bias layer among said 1st hardware bias layer and said 2nd hardware bias layer, and said lower shielding layer Gls, When distance between said up shielding layer in the location which laps with the center of said multilayers, and said lower shielding layer is set to G<sub>lc</sub> The magnetic sensing element according to claim 1 to 3 which sets the value of said difference of G<sub>ls</sub> and G<sub>lc</sub> below to the value from which the effective width of recording track of a magnetic sensing element is set to 0.17 micrometers.

[Claim 6] It is the field which laps only with said 1st hardware bias layer among said 1st hardware bias layer and said 2nd hardware bias layer, and can set to the field which does not lap with said insulating layer. When distance between said up shielding layer in the location which laps the distance between said up shielding layer and said lower shielding layer with the center of G<sub>ls</sub> and said multilayers, and said lower shielding layer is set to G<sub>lc</sub> The magnetic sensing element according to claim 4 which sets the value of said difference of G<sub>ls</sub> and G<sub>lc</sub> below to the value from which the effective width of recording track of a magnetic sensing element is set to 0.17 micrometers.

[Claim 7] The magnetic sensing element according to claim 5 or 6 which sets said Glc and said value of Glc as the range which fills  $Glc - 20 \text{ nm} \leq Glc \leq Glc + 90 \text{ nm}$ .

[Claim 8] The magnetic sensing element according to claim 5 to 7 which sets said Glc and said value of Glc as the range which fills  $0.67 \leq Glc / Glc \leq 2.50$ .

[Claim 9] claim 5 which makes said Glc and said value of Glc  $Glc > Glc$  thru/or 8 -- a magnetic sensing element given in either.

[Claim 10] claim 5 which makes said Glc and said value of Glc  $Glc = Glc$  thru/or 8 -- a magnetic sensing element given in either.

[Claim 11] claim 5 which makes said Glc and said value of Glc  $Glc < Glc$  thru/or 8 -- a magnetic sensing element given in either.

[Claim 12] The magnetic sensing element according to claim 1 to 11 which has the 1st electrode layer which is formed in the location which laps with said 1st hardware bias layer, and is connected with said multilayers directly electrically.

[Claim 13] A magnetic sensing element according to claim 12 with the depth die length of the height direction of said 1st electrode layer longer than the depth die length of the height direction of said multilayers.

[Claim 14] The magnetic sensing element according to claim 12 or 13 which has the 2nd electrode layer which is formed in the location which laps with said 2nd hardware bias layer, and is connected with said 1st electrode layer directly electrically.

[Claim 15] The include angle which a flat surface parallel to said multilayers front face and the tangential plane of the front end edge of said 2nd electrode layer make is a magnetic sensing element [ smaller than the include angle which a flat surface parallel to said multilayers front face and the tangential plane of the front end edge of said 1st electrode layer make ] according to claim 14.

[Claim 16] Said 2nd electrode layer is a magnetic sensing element according to claim 14 or 15 with thickness thicker than said 1st electrode layer.

[Claim 17] The magnetic sensing element according to claim 14 to 16 which makes the ingredient of said 1st electrode layer any one sort of W, Ta, Rh, Ir, and Ru, or two sorts or more, and makes the ingredient of the 2nd electrode layer any one sort of Cr, Cu, Au, and Ta, or two sorts or more.

[Claim 18] (a) The process which forms the multilayers which demonstrate a lower shielding layer, a lower gap layer, and a magneto-resistive effect on a substrate, (b) The process which forms the 1st resist layer on said multilayers, and the process which deletes the field which is not covered with said 1st resist layer of the (c) aforementioned multilayers, (d) The process which forms the 1st hardware bias layer to the both-sides field of said multilayers, (e) The process which forms the process which removes said 1st resist layer, and the 2nd resist layer for lift off in which (f) slitting section was formed on the field which laps with said multilayers and said 1st hardware bias layer, (g) The process which deletes said 1st hardware bias layer in predetermined thickness after the mask has been carried out by said 2nd resist layer, (h) -- the [ which was deleted in predetermined thickness / said ] -- 1 hard bias layer top -- the -- the process which carries out the laminating of the 2 hard bias layer, and (i) -- the manufacture approach of the magnetic sensing element characterized by having the process which removes said 2nd resist layer.

[Claim 19] the process of the above (h) -- setting -- the -- the thickness of 1 hard bias layer -- the [ said ] -- the manufacture approach of the magnetic sensing element according to claim 18 which forms the thickness of 2 hard bias layer thickly.

[Claim 20] The manufacture approach of a magnetic sensing element according to claim 18 or 19 of having the process which forms the bias substrate layer which consists of a non-magnetic material from [ of a substrate ] a normal before forming said 1st hardware bias layer in the process of the above (d).

---

[Translation done.]

\* NOTICES \*

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

DETAILED DESCRIPTION

---

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention] This invention relates to the magnetic sensing element which detects a field using a magneto-resistive effect, and relates to the magnetic sensing element which can narrow the effective width of recording track and can respond to high recording density-ization especially, and its manufacture approach.

[0002]

[Description of the Prior Art] Drawing 27 is the sectional view which saw the conventional magnetic sensing element from the opposed face side with a record medium.

[0003] In the magnetic sensing element shown in drawing 27, the laminating of the lower gap layer 9 is carried out on the lower shielding layer 8, the antiferromagnetism layer 11 is formed in the direction of illustration X for a long time through the substrate layer 10 on the lower gap layer 9, and the antiferromagnetism layer 11 projects only the height dimension d1, and is formed at the core of the direction of X. And on this projected antiferromagnetism layer 11, the fixed magnetic layer 12, the nonmagnetic conductive layer 13, the free magnetic layer 14, and a protective layer 15 are formed, and the layered product to a protective layer 15 consists of substrate layers 10 as multilayers 16.

[0004] The antiferromagnetism layer 11 is formed with antiferromagnetism ingredients, such as a Pt-Mn (platinum-manganese) alloy.

[0005] Said fixed magnetic layer 12 and free magnetic layer 14 are formed with a nickel-Fe (nickel-iron) alloy, Co (cobalt), the Co-Fe (cobalt-iron) alloy, the Co-Fe-nickel alloy, etc., and said nonmagnetic conductive layer 13 is formed with the nonmagnetic electrical conducting material with low electric resistance, such as Cu (copper).

[0006] And as shown in drawing 27, from on the width method T8 of the antiferromagnetism layer 11 which was extended in the direction of illustration X and formed in it, it applies to the side face of the fixed magnetic layer 12, the nonmagnetic conductive layer 13, and the free magnetic layer 14, the metal membrane 17 used as the buffer film and orientation film which were formed by Cr etc. is formed, and the bias field generated from the hard bias layer 18 later mentioned by formation of this metal membrane 17 can be increased.

[0007] On the metal membrane 17, the hard bias layer 18 formed with the Co-Pt (cobalt-platinum) alloy, the Co-Cr-Pt (cobalt chrome-platinum) alloy, etc. is formed.

[0008] The hard bias layer 18 is magnetized in the direction of illustration X (truck cross direction), and magnetization of the free magnetic layer 14 is arranged in the direction of illustration X by the bias field to the direction of X from the hard bias layer 18.

[0009] Moreover, on the hard bias layer 18, the electrode layer 20 which the interlayer 19 formed by non-magnetic materials, such as Ta, was formed, and was formed by Cr, Au, Ta, W, etc. on this interlayer 19 is formed.

[0010] Furthermore, on multilayers 16 and the electrode layer 20, the laminating of the up gap layer 21 which consists of an insulating material is carried out, and the up shielding layer 22 which consists of a

magnetic material on the up gap layer 21 is formed.

[0011] Here, the width method of the top face of multilayers 16 the electrode layer 20 is not formed is optical track width method O-Tw.

[0012]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] Among the free magnetic layers 14, since it is influenced of the strong field from the hard bias layers 18 and 18, it is easy to be fixed, to the external magnetic field, magnetization cannot be changed easily, the magnetization in near [ the ] the side edge section has become, and as shown in drawing 27, the insensible field d where playback sensibility is bad is formed near the side edge section of multilayers 16. This insensible field d cannot but be a field which it hardly contributes [ field ] to a playback output near both sides, but only raises a direct-current-resistance value (DCR).

[0013] High recording density-ization of a magnetic-recording medium progresses in recent years, since it corresponds to it, minimum-ization of the width of recording track Tw of a thin film magnetic cell is advanced, the ratio of the width method of an insensible field for the width of recording track Tw becomes large, and it is becoming difficult to control correctly the width method of the sensibility field e for demonstrating a magneto-resistive effect. Moreover, if the ratio of the width method of an insensible field for the width of recording track Tw becomes large, a playback output will also decline.

[0014] How to consider as the approach of making the width method of an insensible field d small, to make thickness of the hard bias layer 18 thin, and to make the value of residual magnetization x thickness small can be considered.

[0015] When the hard bias layer 18 is simply made thin, the coercive force Hc and the square shape ratio of the hard bias layer 18 in near the joint of the hard bias layer 18 and the free magnetic layer 14 fall, and it becomes impossible however, to change the free magnetic layer 14 into the stable single domain-ized condition.

[0016] This invention is for solving the above-mentioned conventional technical problem, and it aims at offering the magnetic sensing element which can make small the width method of the insensible field in multilayers, and its manufacture approach, maintaining the single domain-ized condition of a free magnetic layer to stability.

[0017]

[Means for Solving the Problem] The multilayers in which the fixed magnetic layer to which, as for this invention, the magnetization direction is fixed by the switched connection field with an antiferromagnetism layer and said antiferromagnetism layer, a non-magnetic material layer, and magnetization have the free magnetic layer changed to an external magnetic field, In the magnetic sensing element which has a hard bias layer for arranging the magnetization direction of said free magnetic layer in the fixed direction said hard bias layer The 1st hardware bias layer which has countered through the bias substrate layer which the side face by the side of said multilayers is directly in contact with the side face of said multilayers, or becomes from the side face and non-magnetic material of said multilayers, A laminating is carried out directly in contact with the upper layer or the lower layer of said 1st hardware bias, and it is characterized by having the 2nd hardware bias layer which has a side face by the side of said multilayers in predetermined distance detached building \*\*\*\*\* from the side face of said multilayers.

[0018] In this invention, weakening the strength of the static magnetic field of said 1st hardware bias layer which arranges the magnetization direction of said free magnetic layer, or ferromagnetic association of said free magnetic layer and the 1st hardware bias layer can be weakened by making thin thickness of said 1st hardware bias layer. That is, said free magnetic layer of said hard bias layer and the value of the residual magnetization x thickness in a close part can be made small.

[0019] Therefore, the width method of the insensible field formed in said multilayers can be made small, a sensibility field can be made large, and the sensibility of a magnetic sensing element can be raised.

[0020] Furthermore, by carrying out the laminating of said 2nd hardware bias layer by predetermined distance detached building \*\*\*\*\* directly in contact with the upper layer or the lower layer of said 1st hardware bias from the side face of said multilayers, thickness of said hard bias layer is thickened and

can enlarge the coercive force  $H_c$  and the square shape ratio of said hard bias layer. Therefore, even if the field of disturbance exists, said free magnetic layer can be changed into the stable single domain-ized condition.

[0021] In order to enlarge the coercive force  $H_c$  and the square shape ratio of said hard bias layer, making small the width method of the insensible field formed in said multilayers in this invention, it is more desirable than the thickness of said 1st hardware bias layer to thicken the thickness of said 2nd hardware bias layer.

[0022] In addition, if the side face by the side of said multilayers has countered through the bias substrate layer of 1nm or less of thickness which is directly in contact with the side face of said free magnetic layer, or consists of the side face and non-magnetic material of said free magnetic layer, since said hard bias layer and said free magnetic layer will serve as a continuum magnetically by ferromagnetic association and stability of said 1st hardware bias layer will increase, it is desirable.

[0023] In this invention, moreover, said multilayers and said hard bias layer The up gap layer which is formed on the lower gap layer which consists of an insulating ingredient by which a laminating is carried out on lower shielding which consists of a magnetic material formed on the substrate, and consists of an insulating ingredient on said multilayers and said hard bias layer, The up shielding layer which consists of a magnetic material by which a laminating is carried out is formed on said up gap layer. The distance between said up shielding layer in the field which laps only with said 1st hardware bias layer among said 1st hardware bias layer and said 2nd hardware bias layer, and said lower shielding layer  $G_L$ s, When distance between said up shielding layer in the location which laps with the center of said multilayers, and said lower shielding layer is set to  $G_{Lc}$ , it is desirable to set the value of said difference of  $G_L$ s and  $G_{Lc}$  below to the value from which the effective width of recording track of a magnetic sensing element is set to 0.17 micrometers.

[0024] the [ said ] -- since 1 hard bias layer is what is adjoined and prepared in the both sides of said multilayers -- the [ said ] -- the distance  $G_L$ s between said up shielding layer in the field which laps only with 1 hard bias layer, and said lower shielding layer will be called the distance between said up shielding layer [ / near the both sides of said multilayers ], and said lower shielding layer.

[0025] If the distance between said up shielding layer [ / near the both sides of said multilayers ] and said lower shielding layer becomes large, it will pass along between said up shielding layer and said lower shielding layers, the field from the record medium generated from the recording track of the both sides of the recording track for detection will become easy to invade into a magnetic sensing element, and the effective width of recording track will become large. That is, it becomes easy to generate the cross talk between recording tracks.

[0026] If the value of said difference of  $G_L$ s and  $G_{Lc}$  actually becomes large so that it may mention later, the effective width of recording track of a magnetic sensing element will also become large.

[0027] In this invention, by making the value of said difference of  $G_L$ s and  $G_{Lc}$  below into a predetermined value, it can suppress that the distance between said up shielding layer [ / near the both sides of said multilayers ] and said lower shielding layer becomes large, and the effective width of recording track can be made small.

[0028] Moreover, it is desirable that the insulating layer which laps with the part on said 1st hardware bias layer and all the fields on said 2nd hardware bias layer is formed.

[0029] When said insulating layer is formed, the inside of said 1st hardware bias layer and said 2nd hardware bias layer, It is the field which laps only with said 1st hardware bias layer, and can set to the field which does not lap with said insulating layer. When distance between said up shielding layer in the location which laps the distance between said up shielding layer and said lower shielding layer with the center of  $G_L$ s and said multilayers, and said lower shielding layer is set to  $G_{Lc}$  It is desirable to set the value of said difference of  $G_L$ s and  $G_{Lc}$  below to the value from which the effective width of recording track of a magnetic sensing element is set to 0.17 micrometers.

[0030] Moreover, it is desirable to set said  $G_L$ s and said value of  $G_{Lc}$  as the range which fills  $G_{Lc}-20\text{ nm} \leq G_L \leq G_{Lc}+90\text{ nm}$ . It is setting said  $G_L$ s and said value of  $G_{Lc}$  as the range which fills  $G_{Lc}-20\text{ nm} \leq G_L \leq G_{Lc}+70\text{ nm}$  more preferably. It is setting said  $G_L$ s and said value of  $G_{Lc}$  as the range which

fills  $Glc-20\text{ nm} \leq Gls \leq Glc+30\text{ nm}$  still more preferably.

[0031] Or it is desirable to set said Gls and said value of Glc as the range which fills  $0.67 \leq Gls/Glc \leq 2.50$ . It is setting said Gls and said value of Glc as the range which fills  $0.67 \leq Gls/Glc \leq 2.17$  more preferably. It is setting said Gls and said value of Glc as the range which fills  $0.67 \leq Gls/Glc \leq 1.50$  still more preferably.

[0032] In addition, it is good also as  $Gls < Glc$  also as  $Gls = Glc$  also considering said Gls and said value of Glc as  $Gls > Glc$  in said Gls mentioned above and said range of the value of Glc.

[0033] If it is  $Gls > Glc$ , the distance between said up shielding layer [ / near the both sides of said multilayers ] and said lower shielding layer is larger than the distance between said up shielding layer in the field which laps with said multilayers, and said lower shielding layer (gap length).

[0034] If it is  $Gls = Glc$ , the distance between said up shielding layer [ / near the both sides of said multilayers ] and said lower shielding layer is equal to the distance between said up shielding layer in the field which laps with said multilayers, and said lower shielding layer (gap length).

[0035] If it is  $Gls < Glc$ , the distance between said up shielding layer [ / near the both sides of said multilayers ] and said lower shielding layer is smaller than the distance between said up shielding layer in the field which laps with said multilayers, and said lower shielding layer (gap length).

[0036] In this invention, it is formed in the location which laps with said 1st hardware bias layer, and a current can be effectively given to said multilayers by having the 1st electrode layer connected with said multilayers directly electrically.

[0037] Furthermore, it is desirable to have the 2nd electrode layer which is formed in the location which laps with said 2nd hardware bias layer, and is connected with said 1st electrode layer directly electrically.

[0038] If thickness of said 1st hardware bias layer and said 1st electrode layer is made small and distance between said up shielding layer [ / near the both sides of said multilayers ] and said lower shielding layer is made small in order to make the effective width of recording track small, the direct-current-resistance value of a magnetic sensing element will become large.

[0039] The direct-current-resistance value of a magnetic sensing element can be made small, making small distance between said up shielding layer [ / near the both sides of said multilayers ], and said lower shielding layer, if said 2nd electrode layer is formed in the location which laps with said 2nd hardware bias layer.

[0040] In addition, as for the include angle which a flat surface parallel to said multilayers front face and the tangential plane of the front end edge of said 2nd electrode layer make, it is desirable that it is smaller than the include angle which a flat surface parallel to said multilayers front face and the tangential plane of the front end edge of said 1st electrode layer make. Moreover, as for said 2nd electrode layer, it is desirable that thickness is thicker than said 1st electrode layer.

[0041] Moreover, in this invention, the direct-current-resistance value of a magnetic sensing element can be made small by making the depth die length of the height direction of the 1st electrode layer longer than the depth die length of the height direction of said multilayers.

[0042] In addition, said 1st electrode layer so that it may be hard to generate a smear in the process which grinds an opposed face with the record medium of a magnetic sensing element, and adjusts a direct-current-resistance value It is desirable to form using any one sort of W, Ta, Rh, Ir, and Ru or two sorts or more, and to form the ingredient of said 2nd electrode layer using the small ingredient of specific resistance of Cr, Cu, Au, and Ta, such as any one sort or two etc. sorts or more.

[0043] The effective width of recording track is measured by the full truck profile method or the micro truck profile method. Hereafter, it explains, referring to drawing 26 about the full truck profile method.

[0044] Record the signal on the record medium with the recording track of the recording track width of face  $W_w$  broader than the component width of face of the magnetic sensing element R, the magnetic sensing element R is made to scan crosswise [ truck ] (the direction of X) on a recording track, and the relation between the location of the recording track cross direction (the direction of X) of the magnetic sensing element R and a playback output is measured. The measurement result is shown in the drawing 26 bottom.

[0045] When the playback wave of this measurement result is seen, near the center of a recording track, it turns out that a playback output becomes low as a playback output becomes high and it separates from the center of a recording track.

[0046] The intersection of the tangent and the X-axis in the point Pa that the playback output on a playback wave becomes 50% of maximum, and Point Pb is made into Point Pc and Point Pd, respectively. The difference of the distance A between Point Pc and Point Pd and the distance B between Point Pa and Point Pb (half-value width) serves as the effective width of recording track of a magnetic sensing element. Here, the unit of the X-axis is standardized so that it may become the half-value-width  $B = \text{recording track width of face } W_w$ .

[0047] The process at which the manufacture approach of the magnetic sensing element of this invention forms the multilayers which demonstrate a lower shielding layer, a lower gap layer, and a magneto-resistive effect on the (a) substrate, (b) The process which forms the 1st resist layer on said multilayers, and the process which deletes the field which is not covered with said 1st resist layer of the (c) aforementioned multilayers, (d) The process which forms the 1st hardware bias layer to the both-sides field of said multilayers, (e) The process which forms the process which removes said 1st resist layer, and the 2nd resist layer for lift off in which (f) slitting section was formed on the field which laps with said multilayers and said 1st hardware bias layer, (g) The process which deletes said 1st hardware bias layer in predetermined thickness after the mask has been carried out by said 2nd resist layer, (h) -- the [ which was deleted in predetermined thickness / said ] -- 1 hard bias layer top -- the -- the process which carries out the laminating of the 2 hard bias layer, and (i) -- it is characterized by having the process which removes said 2nd resist layer.

[0048] In addition, in the process of the above (h), it is desirable to form the thickness of said 2nd hardware bias layer thickly rather than the thickness of the 1st hardware bias layer.

[0049] Moreover, if it has the process which forms the bias substrate layer which consists of a non-magnetic material from [ of a substrate ] a normal before forming said 1st hardware bias layer in the process of the above (d) The side face of said free magnetic layer can be directly touched in the side face by the side of said multilayers of said 1st hardware bias layer. Or the side face by the side of said multilayers of said 1st hardware bias layer can be countered through the bias substrate layer of 1nm or less of thickness which consists of the side face and non-magnetic material of said free magnetic layer. Since said hard bias layer and said free magnetic layer can be used as the magnetic continuum by ferromagnetic association, it is desirable.

[0050]

[Embodiment of the Invention] Drawing 1 is the sectional view which saw the magnetic sensing element of the gestalt of operation of the 1st of this invention from the opposed face side with a record medium.

[0051] the [ the fixed magnetic layer 35 of the synthetic ferrymold which consists of the substrate layer 33, the antiferromagnetism layer 34, 1st fixed magnetic layer 35a, nonmagnetic middle class 35b, and 2nd fixed magnetic layer 35c in drawing 1 , the non-magnetic material layer 36, and ] -- the [ 2 free magnetic layer 37a, nonmagnetic middle class 37b, and ] -- the multilayers T to which the laminating of the free magnetic layer 37 of the synthetic ferrymold which consists of 1 free magnetic layer 37c, and the protective layer 38 was carried out are formed.

[0052] The lower shielding layer 31 and the lower gap layer 32 are formed on the substrate (not shown) by the lower layer of Multilayers T through the substrate layer (not shown) which consists of insulating ingredients, such as an alumina.

[0053] The antiferromagnetism layer 34 in Multilayers T is extended in the direction of illustration X, and the bias substrate layer 39 is formed of Cr, Ti, Mo, W50Mo50, etc. in contact with the top face of this extension section 34b, the side face of the fixed magnetic layer 35, the side face of the non-magnetic material layer 36, and the side face of 2nd free magnetic layer 37a.

[0054] The 1st hardware bias layer 40 is formed on the bias substrate layer 39. As for the 1st hardware bias layer 40, side-face 40a by the side of Multilayers T has countered the side face Ts of Multilayers T through the bias substrate layer 39.

[0055] The laminating of the 2nd hardware bias layer 42 is carried out to the upper layer of the 1st

hardware bias layer 40. Side-face 42a by the side of the multilayers T of the 2nd hardware bias layer 42 is prepared in the location which only the predetermined distance Sp separated from the side face Ts of Multilayers T. The predetermined distance Sp is set up as a distance to which the field generated from the 2nd hardware bias layer 42 does not act on the free magnetic layer 37 in Multilayers T directly. In addition, directly in contact with the 1st hardware bias layer 40 top, the laminating of the 2nd hardware bias layer 42 is carried out.

[0056] The 1st hardware bias layer 40 and the 2nd hardware bias layer 42 are formed with for example, the Co-Pt (cobalt-platinum) alloy, the Co-Cr-Pt (cobalt chrome-platinum) alloy, etc., and are magnetized in the direction of illustration X (truck cross direction).

[0057] On the 1st hardware bias layer 40, the electrode layer (the 1st electrode layer) 43 which the interlayer 41 formed by non-magnetic materials, such as Ta, was formed, and was formed by Cr, Au, Ta, W, Rh, Ir, Ru, etc. on this interlayer 41 is formed.

[0058] Since it is formed in the location which laps with the 1st hardware bias layer 40 and connects with Multilayers T directly electrically, the electrode layer 43 can give a current to Multilayers T effectively.

[0059] The up gap layer 44 is formed by the front face of Multilayers T, the front face of the electrode layer 43, and the front face of the 2nd hardware bias layer 42, and the up shielding 45 is formed on the up gap layer 44. The up shielding layer 45 is covered with the protective layer 46 which consists of an inorganic insulating material. Moreover, after forming the INDAKU tape head for record on the up shielding layer 45, the whole may be covered by the protective layer.

[0060] The lower shielding layer 31, the lower gap layer 32, the substrate layer 33, the antiferromagnetism layer 34, the fixed magnetic layer 35, the non-magnetic material layer 36, the free magnetic layer 37, a protective layer 38, the bias substrate layer 39, the 1st hardware bias layer 40, the middle class 41, the 2nd hardware bias layer 42 electrode layer 43, the up gap layer 44, the up shielding layer 45, and a protective layer 46 are formed of thin film formation processes, such as a spatter and vacuum deposition.

[0061] The lower shielding layer 31 and the up shielding layer 45 are formed using magnetic materials, such as NiFe. In addition, as for the lower shielding layer 31 and the up shielding layer 45, it is desirable that the easy axis has turned to the truck cross direction (the direction of illustration X). In addition, the lower shielding layer 31 and the up shielding layer 45 may be formed of an electrolytic plating process.

[0062] The lower gap layer 32, the up gap layer 44, and a protective layer 46 are formed using nonmagnetic inorganic materials, such as aluminum 2O3 and SiO2. The substrate layer 33 is formed using Ta, NiFeCr, etc.

[0063] The antiferromagnetism layer 34 is a PtMn alloy or a X-Mn (however, X is one-sort [ any ] or two sorts or more of elements of Pd, Ir, Rh, Ru, Os, nickel, and Fe) alloy, or is formed with a Pt-Mn-X' (however, X' is any 1 or two or more sorts of elements of Pd, Ir, Rh, Ru, Au, Ag, Os, Cr, nickel, Ar, Ne, Xe, and Kr) alloy.

[0064] In the condition immediately after membrane formation, although these alloys are the face centered cubic structures (fcc) of an irregular system, they carry out a structure transformation by heat treatment at the face-centered square structure (fct) of a CuAuI type rule mold.

[0065] The thickness of the antiferromagnetism layer 34 is 80-300Å, for example, 200Å, in near the core of the truck cross direction.

[0066] In the alloy shown here by said PtMn alloy for forming the antiferromagnetism layer 34, and the formula of said X-Mn, it is desirable that the range of Pt or X is 37 - 63at%. Moreover, in the alloy shown by said PtMn alloy and the formula of said X-Mn, it is more desirable that the range of Pt or X is 47 - 57at%. Unless it specifies especially, the upper limit and minimum of the numerical range shown by - mean the above hereafter.

[0067] Moreover, in the alloy shown by the formula of Pt-Mn-X', it is desirable that the range of X'+Pt is 37 - 63at%. Moreover, in the alloy shown by the formula of said Pt-Mn-X', it is more desirable that the range of X'+Pt is 47 - 57at%. Furthermore, in the alloy shown by the formula of said Pt-Mn-X', it is desirable that the range of X' is 0.2 - 10at%. However, when X' is any one sort or two sorts or more of



elements of Pd, Ir, Rh, Ru, Os, nickel, and Fe, as for X', it is desirable that it is the range of 0.2 - 40at%.

[0068] The antiferromagnetism layer 34 which generates a big switched connection field between 1st fixed magnetic layer 35a can be obtained by using these alloys and heat-treating this. Especially, if it is a PtMn alloy, it has 48 or more kA/m, for example, the switched connection field which exceeds m in 64kA /, and the blocking temperature which loses said switched connection field can obtain 380 degrees C and the outstanding, very high antiferromagnetism layer 34.

[0069] As for 1st fixed magnetic layer 35a and 2nd fixed magnetic layer 35c, it is desirable for it to be formed with a ferromagnetic ingredient, and to be formed with a NiFe alloy, Co, a CoFeNi alloy, a CoFe alloy, a CoNi alloy, etc., for example, to be formed especially of a CoFe alloy or Co. Moreover, as for 1st fixed magnetic layer 35a and 2nd fixed magnetic layer 35c, being formed with the same ingredient is desirable.

[0070] Moreover, nonmagnetic interlayer 35b is formed of a non-magnetic material, and is formed among Ru, Rh, Ir, Cr, Re, and Cu with one sort or these two sorts or more of alloys. Being formed especially of Ru is desirable.

[0071] The non-magnetic material layer 36 is a layer in which magnetic association with the fixed magnetic layer 35 and the free magnetic layer 37 is prevented, and a sense current mainly flows, and it is desirable to be formed of the non-magnetic material which has conductivity, such as Cu, Cr, Au, and Ag. Being formed especially of Cu is desirable.

[0072] the -- the [ 1 free magnetic layer 37c and ] -- as for 2 free magnetic layer 37a, it is desirable for it to be formed with a ferromagnetic ingredient, and to be formed with a NiFe alloy, Co, a CoFeNi alloy, a CoFe alloy, a CoNi alloy, etc., for example, to be especially formed with a NiFe alloy or a CoFeNi alloy, and a CoFe alloy.

[0073] Nonmagnetic interlayer 37b is formed of a non-magnetic material, and is formed among Ru, Rh, Ir, Cr, Re, and Cu with one sort or these two sorts or more of alloys. Being formed especially of Ru is desirable.

[0074] A protective layer 38 is formed using Ta etc. If a substrate layer is formed using Cr, Ti, Mo, W50Mo50, etc. whose crystal structure is bcc (body-centered cubic lattice) structure about the bias substrate layer 39, the coercive force and the remanence ratio of the 1st hardware bias layer 40 and the 2nd hardware bias layer 42 will become large, and can enlarge a bias field.

[0075] The multilayers T of the 1st hardware bias layer 40 and side-face 40a of the side which counters have countered only with the side face of the fixed magnetic layer 35, the side face of the non-magnetic material layer 36, and the side face of 2nd free magnetic layer 37a, and the side face of 1st free magnetic layer 37c has not countered. By the bias field to the direction of X from the hard bias layer 40, magnetization of 2nd free magnetic layer 37a is arranged in the direction of illustration X.

[0076] the [ from which the free magnetic layer 37 differs in the magnitude of the magnetic moment ] -- the [ 2 free magnetic layer 37a and ] -- 1 free magnetic layer 37c carries out a laminating through nonmagnetic interlayer 37b -- having -- the -- the [ 2 free magnetic layer 37a and ] -- the magnetization direction of 1 free magnetic layer 37c -- anti- -- it is in the ferrimagnetism condition which becomes parallel. this time -- the one where the magnetic moment is larger, the [ for example, ], -- the magnetization direction of 2 free magnetic layer 37a -- the -- the direction of the field generated from 1 hard bias layer 40 -- suitable -- the -- an opposite direction will be turned to the magnetization direction of 1 free magnetic layer 37c 180 degrees

[0077] the -- the [ 2 free magnetic layer 37a and ] -- if the magnetization direction of 1 free magnetic layer 37c will be in a ferrimagnetism condition of anti-parallel different 180 degrees, effectiveness equivalent to making thickness of the free magnetic layer 37 thin will be acquired, the effectual magnetic moment per unit area will become small, it will become easy to change magnetization of the free magnetic layer 37, and the field detection sensitivity of a magnetic sensing element will improve.

[0078] The direction of the synthetic magnetic moment which added the magnetic moment of 2nd free magnetic layer 37a and the magnetic moment of 1st free magnetic layer 37c turns into the magnetization direction of the free magnetic layer 37.

[0079] However, it is only the magnetization direction of 2nd free magnetic layer 37a which is

contributed to an output by relation with the magnetization direction of the fixed magnetic layer 35.

[0080] The 1st hardware bias layer 40 should just arrange one magnetization direction among 2nd free magnetic layer 37a which constitutes the free magnetic layer 37, and 1st free magnetic layer 37c. In drawing 1, only the magnetization direction of 2nd free magnetic layer 37a is arranged. If the magnetization direction of 2nd free magnetic layer 37a is arranged in the fixed direction, 1st free magnetic layer 37c will be in the ferrimagnetism condition that the magnetization direction serves as anti-parallel, and the magnetization direction of the free magnetic layer 37 whole will be arranged in the fixed direction.

[0081] With the gestalt of this operation, the 1st hardware bias layer 40 mainly gives the static magnetic field of the direction of illustration X to 2nd free magnetic layer 37a. the [ therefore, ] -- the static magnetic field of the direction of illustration X generated from 1 hard bias layer 40 -- the -- it can suppress that the magnetization direction (the direction of illustration X and reverse sense) of 1 free magnetic layer 37c is disturbed.

[0082] Moreover, in drawing 1, that to which the laminating of 1st fixed magnetic layer 35a and 2nd fixed magnetic layer 35c from which the magnetic moment differs was carried out through nonmagnetic interlayer 35b functions as one fixed magnetic layer 35.

[0083] By forming 1st fixed magnetic layer 35a in contact with the antiferromagnetism layer 34, and giving annealing in a magnetic field, the exchange anisotropy field by switched connection arises in the interface of 1st fixed magnetic layer 35a and the antiferromagnetism layer 34, and the magnetization direction of 1st fixed magnetic layer 35a is fixed in the direction of illustration Y. When the magnetization direction of 1st fixed magnetic layer 35a is fixed in the direction of illustration Y, the magnetization direction of 2nd fixed magnetic layer 35c which counters through nonmagnetic interlayer 35b is fixed in the magnetization direction of said 1st fixed magnetic layer 35a, and the condition of anti-parallel.

[0084] Thus, since 1st fixed magnetic layer 35a and 2nd fixed magnetic layer 35c fix the magnetization direction of another side mutually and suit when the magnetization direction of 1st fixed magnetic layer 35a and 2nd fixed magnetic layer 35c is in the ferrimagnetism condition used as anti-parallel, the magnetization direction of the fixed magnetic layer 35 is powerfully fixable in the fixed direction as a whole.

[0085] In addition, the direction of the synthetic magnetic moment which added the magnetic moment of 1st fixed magnetic layer 35a and the magnetic moment of 2nd fixed magnetic layer 35c turns into the magnetization direction of the fixed magnetic layer 35.

[0086] In drawing 1, each magnetic moment is changed by forming 1st fixed magnetic layer 35a and 2nd fixed magnetic layer 35c using the same ingredient, and changing each thickness further.

[0087] Moreover, the anti-field (dipole field) by fixed magnetization of 1st fixed magnetic layer 35a and 2nd fixed magnetic layer 35c is cancellable when static magnetic field association of 1st fixed magnetic layer 35a and 2nd fixed magnetic layer 35c negates each other mutually. Thereby, the contribution to the fluctuation magnetization of the free magnetic layer 37 from the anti-field (dipole field) by fixed magnetization of the fixed magnetic layer 35 can be decreased.

[0088] Therefore, it becomes easier to amend the direction of fluctuation magnetization of the free magnetic layer 37 towards desired, and it becomes possible to obtain the spin bulb mold thin film magnetic cell which was excellent in symmetry with small asymmetry.

[0089] Here, when asymmetry shows the asymmetric degree of a playback output wave and a playback output wave is given, asymmetry will become small if the wave is symmetrical. Therefore, the playback output wave will be excellent in symmetric property, so that asymmetry approaches 0.

[0090] Said asymmetry is set to 0 when the direction of magnetization of the free magnetic layer 37 and the direction of fixed magnetization of the fixed magnetic layer 35 lie at right angles. If asymmetry shifts greatly, reading of the information from media will become impossible correctly, and will cause an error. For this reason, the dependability of regenerative-signal processing will improve as a thing with said small asymmetry, and it becomes what was excellent as a spin bulb thin film magnetic cell.

[0091] Moreover, although the anti-field (dipole field)  $H_d$  by fixed magnetization of a fixed magnetic

layer has uneven distribution that it is large and small in the center section, at the edge in the component height direction and single domain-ization in the free magnetic layer 37 may be barred. It can prevent that can set the dipole field  $H_d$  to  $H_d=0$  mostly, and a magnetic domain wall is made in the free magnetic layer 37 by this, the ununiformity of magnetization occurs, and a Barkhausen noise etc. occurs by making the fixed magnetic layer 35 into the above-mentioned laminated structure.

[0092] In addition, if the middle class 41 who consists of Ta or Cr is formed between the electrode layer 43 and the 1st hardware bias layer 40, thermal diffusion can be prevented and degradation of the magnetic properties of the 1st hardware bias layer 40 can be prevented.

[0093] In using Ta as an electrode layer 43, it becomes easy to make the crystal structure of Ta by which a laminating is carried out to the upper layer of Cr by forming the interlayer 41 of Cr into the body-centered cubic structure of low resistance.

[0094] Moreover, when using Cr as an electrode layer 43, by forming the interlayer 41 of Ta, Cr grows epitaxial and can reduce resistance.

[0095] The magnetic sensing element shown in drawing 1 is the so-called spin bulb mold MAG sensing element, the magnetization direction of the fixed magnetic layer 35 is fixed in the direction parallel to the direction of illustration Y proper, moreover, magnetization of the free magnetic layer 37 is arranged in the direction of illustration X proper, and orthogonality relation has magnetization of the fixed magnetic layer 35 and the free magnetic layer 37. And to the external magnetic field from a record medium, magnetization of the free magnetic layer 37 is changed with sufficient sensibility, electric resistance changes by the relation between fluctuation of this magnetization direction, and the fixed magnetization direction of the fixed magnetic layer 35, and the leakage field from a record medium is detected by the electrical-potential-difference change based on this electric resistance value change.

[0096] however, contributing to an electric resistance value change (output) directly -- the [ the magnetization direction of 2nd fixed magnetic layer 35c, and ] -- it is the angular relation of the magnetization direction of 2 free magnetic layer 37a, and it is desirable to lie at right angles in the condition that the condition and signal field which the detection current is energizing [ such angular relation ] are not impressed.

[0097] In the magnetic sensing element of the gestalt of this operation, magnetic field strength which the 1st hardware bias layer 40 which arranges the magnetization direction of 2nd free magnetic layer 37a generates can be weakened by making thin thickness  $t_1$  of the 1st hardware bias layer 40. That is, the value of the residual magnetization  $\times$  thickness of the 1st hardware bias layer 40 in 2nd free magnetic layer 37a and a close part can be made small.

[0098] Therefore, the width method of the insensible field formed in Multilayers T can be made small, a sensibility field can be made large, and the sensibility of a magnetic sensing element can be raised.

[0099] furthermore, the location which only the predetermined distance  $S_p$  separated from the side face  $T_s$  of Multilayers T -- the -- 2 hard bias layer 42 -- the -- by carrying out a laminating directly in contact with the upper layer of 1 hard bias layer 40, thickness of the hard bias layer H is thickened and can enlarge the coercive force  $H_c$  and the square shape ratio of the hard bias layer H. Therefore, even if the field of disturbance exists, the free magnetic layer 37 can be changed into the stable single domain-ized condition.

[0100] With the gestalt of this operation, in order to enlarge the coercive force  $H_c$  and the square shape ratio of the hard bias layer H, making small the width method of the insensible field formed in Multilayers T, the thickness  $t_2$  of the 2nd hardware bias layer is made thicker than the thickness  $t_1$  of the 1st hardware bias layer 40.

[0101] moreover -- drawing 1 -- the -- the upper layer of 1 hard bias layer 40 -- the -- although the laminating of the 2 hard bias layer 42 is carried out -- the -- the lower layer of 1 hard bias layer 40 -- direct -- touching -- the -- the laminating of the 2 hard bias layer 42 may be carried out.

[0102] Drawing 2 is the sectional view which saw the magnetic sensing element of the gestalt of operation of the 2nd of this invention from the opposed face side with a record medium.

[0103] By the magnetic sensing element of drawing 2, thickness  $t_2$  of the 2nd hardware bias layer 42 is made thicker than the magnetic sensing element of drawing 1, as a result, the both-sides section of the

up shielding layer 45 bends to the illustration upper part (the direction of Y), and it differs from the magnetic sensing element of drawing 1 in that the distance between the up shielding layer 45 and the lower shielding layer 31 is large.

[0104] If the distance between the up shielding layer [ / near the both sides of Multilayers T ] 45 and the lower shielding layer 31 becomes large, it will pass along between the up shielding layer 45 and the lower shielding layers 31, a field will become easy to enter, and effective width-of-recording-track E-Tw will become large. Then, the field from the record medium generated from the recording track of the both sides of the recording track for detection becomes easy to invade into a magnetic sensing element, and it becomes easy to generate the cross talk between recording tracks.

[0105] With the gestalt of this operation, then, the inside of the 1st hardware bias layer 40 and the 2nd hardware bias layer 42, The distance between the up shielding layer 45 in the field S1 which laps only with the 1st hardware bias layer 40, and the lower shielding layer 31 Gls, By making the value of said difference of Gls and Glc below into a predetermined value, when distance between the up shielding layer 45 in the location which laps with the center C of multilayers, and the lower shielding layer 31 is set to Glc It suppresses that the distance between the up shielding layer [ / near the both sides of Multilayers T ] 45 and the lower shielding layer 31 becomes large, and enables it to make small effective width-of-recording-track E-Tw.

[0106] If the value of said difference of Gls and Glc is made small so that it may mention later, effective width-of-recording-track E-Tw of a magnetic sensing element will also become small. It is desirable to set the value of said difference of Gls and Glc here below to the value from which effective width-of-recording-track E-Tw of a magnetic sensing element is set to 0.17 micrometers.

[0107] In addition, top-face 42b of the 2nd hardware bias layer 42 may be located in illustration down (Y opposite direction) from the production B of top-face 43a of the 1st electrode layer 43.

[0108] Drawing 3 is the sectional view which saw the magnetic sensing element of the gestalt of operation of the 3rd of this invention from the opposed face side with a record medium.

[0109] the magnetic sensing element shown in drawing 3 -- the -- the electrode layer (the 1st electrode layer) 43 formed in the location which laps with 1 hard bias layer 40 -- in addition, the 2nd electrode layer 51 -- the -- it differs from the magnetic sensing element the point currently formed in the location which laps with 2 hard bias layer 42 was indicated to be to drawing 1 . In addition, the 2nd electrode layer 51 and the 1st electrode layer 43 are connected directly electrically.

[0110] If thickness of the 1st hardware bias layer 40 and the 1st electrode layer 43 is made small and distance between the up shielding layer [ / near the both sides of Multilayers T ] 45 and the lower shielding layer 31 is made small in order to make small effective width-of-recording-track E-Tw, the direct-current-resistance value of a magnetic sensing element will become large. Then, if the 2nd electrode layer 51 is formed in the location which laps with the 2nd hardware bias layer 42 like drawing 3 , although distance between the up shielding layer [ / near the both sides of Multilayers T ] 45 and the lower shielding layer 31 will be made small, the direct-current-resistance value of a magnetic sensing element can be made small.

[0111] If the middle class 50 who consists of Ta or Cr is formed between the 2nd electrode layer 51 and the 2nd hardware bias layer 42, thermal diffusion can be prevented and degradation of the magnetic properties of the 2nd hardware bias layer 42 can be prevented.

[0112] In using Ta as the 2nd electrode layer 51, it becomes easy to make the crystal structure of Ta by which a laminating is carried out to the upper layer of Cr by forming the interlayer 50 of Cr into the body-centered cubic structure of low resistance.

[0113] Moreover, when using Cr as the 2nd electrode layer 51, by forming the interlayer 50 of Ta, Cr grows epitaxial and can reduce resistance.

[0114] In addition, as for the include angle theta 2 which a flat surface parallel to a multilayers T front face and the tangential plane of the front end edge of the 2nd electrode layer 51 make, it is desirable that it is smaller than the include angle theta 1 which a flat surface parallel to a multilayers T front face and the tangential plane of the front end edge of the 1st electrode layer 43 make. theta1> If theta 2, supply of the current to Multilayers T can be stabilized from the 1st electrode layer 43 by which direct

continuation is carried out to Multilayers T.

[0115] Moreover, in order to suppress that the distance between the up shielding layer [ / near the both sides of Multilayers T ] 45 and the lower shielding layer 31 becomes large and to make small the direct-current-resistance value of a magnetic sensing element, it is desirable to make thickness  $t_4$  of the 2nd electrode layer 51 thicker than the thickness  $t_3$  of the 1st electrode layer 43.

[0116] In addition, the 1st electrode layer 43 and the 2nd electrode layer 51 can be formed, using W, Ta, Cr, Cu, Rh, Ir, Ru, Au, etc. as an ingredient. It is desirable to form using hard ingredients, such as W, Ta, Rh, Ir, and Ru, and to form the 2nd electrode layer 51 using the small ingredient of specific resistance, such as Cr, Cu, Au, and Ta, so that it may be hard to generate a smear in the process which grinds an opposed face with the record medium of a magnetic sensing element for the 1st electrode layer 43 especially connected with Multilayers T electrically, and adjusts a direct-current-resistance value.

[0117] Moreover, in drawing 3, the insulating layer 52 which laps with the part on said 1st hardware bias layer 40 and all the fields on said 2nd hardware bias layer 42 is formed, and the electric insulation between the 2nd electrode layer 51 and the up shielding layer 45 can be more certainly taken by this.

[0118] When an insulating layer 52 is formed, the inside of the 1st hardware bias layer 40 and the 2nd hardware bias layer 42, It is the field which laps only with the 1st hardware bias layer 40, and can set to the field S1 which does not lap with an insulating layer 52. When distance between the up shielding layer 45 in the location which laps the distance between the up shielding layer 45 and the lower shielding layer 31 with the center C of Gls and Multilayers T, and the lower shielding layer 31 is set to Glc It is desirable to set the value of said difference of Gls and Glc below to the value from which effective width-of-recording-track E-Tw of a magnetic sensing element is set to 0.17 micrometers.

[0119] In order to connect directly electrically the 2nd electrode layer 51 and the 1st electrode layer 43, it is desirable that inferior-surface-of-tongue 51a of the 2nd electrode layer 51 is located in illustration down (Y opposite direction) from the production B of top-face 43a of the 1st electrode layer 43. However, inferior-surface-of-tongue 51a of the 2nd electrode layer 51 may be formed in the same height location as the production B of top-face 43a of the 1st electrode layer 43, and may be located in illustration above (the direction of Y) from the production B of top-face 43a of the 1st electrode layer 43. In this case, the current passed by the 2nd electrode layer 51 flows in the 1st electrode layer 43 through the 2nd hardware bias layer 42.

[0120] Moreover, as shown in drawing 4, only the 2nd electrode layer 51 formed in the location which laps with the 2nd hardware bias layer 42 does not need to be formed, and the 1st electrode layer does not need to be formed.

[0121] In addition, in the magnetic sensing element of the gestalt of operation shown in drawing 4 from drawing 1, ridge 34a is formed in the central part of the antiferromagnetism layer 34, and extension section 34b prolonged for a long time is formed crosswise [ truck ] from the end face of the both-sides end face in the truck cross direction (the direction of illustration X) of ridge 34a.

[0122] Extension section 34b is formed in the antiferromagnetism layer 34, it has sufficient volume for the both-sides end face of the free magnetic layer 37, and the 1st hardware bias layer 40 can be made to counter on this extension section 34b with the structure which carries out the laminating of the 1st hardware bias layer 40 through the bias substrate layer 39.

[0123] However, as shown in drawing 5, extension section 34b does not need to be formed in the antiferromagnetism layer 34. Moreover, in drawing 5, it is good also as structure where the substrate layer 33 is formed only in contact with the inferior surface of tongue of the antiferromagnetism layer 34, and the bias substrate layer 39 touches the lower gap layer 32 directly.

[0124] Moreover, in the magnetic sensing element of the gestalt of operation shown in drawing 5 from drawing 1, the side face Ts of the multilayers T of the 1st hardware bias layer 40 and side-face 40a of the side which counters have countered only with the side face of the fixed magnetic layer 35, the side face of the non-magnetic material layer 36, and the side face of 2nd free magnetic layer 37a, and the side face of 1st free magnetic layer 37c has not countered. However, as shown in drawing 6, side-face 40a of the hard bias layer 40 may counter with the side face of the side face of the fixed magnetic layer 35, the side face of the non-magnetic material layer 36, 2nd free magnetic layer 37a, nonmagnetic interlayer

37b, and 1st free magnetic layer 37c.

[0125] Drawing 7 is the sectional view which saw the magnetic sensing element of the gestalt of operation of the 7th of this invention from the opposed face side with a record medium.

[0126] The magnetic sensing element of the gestalt of operation shown in drawing 7 differs from the magnetic sensing element of drawing 3 in that the 1st electrode layer 43 is extended and formed even on the insensible field d of Multilayers T.

[0127] By the bias field to the direction of X from the hard bias layer H, magnetization of the free magnetic layer 37 is arranged in the direction of illustration X.

[0128] By the way, as shown in drawing 7, the field located in the center of Multilayers T is the sensibility field e, and the both sides are insensible fields d and D.

[0129] In the sensibility field e, magnetization of the fixed magnetic layer 35 is fixed to an illustration Z direction proper, moreover, magnetization of the free magnetic layer 37 is arranged in the direction of illustration X proper, and orthogonality relation has magnetization of the fixed magnetic layer 35 and the free magnetic layer 37. And to the external magnetic field from a record medium, magnetization of the free magnetic layer 37 is changed with sufficient sensibility, electric resistance changes by the relation between fluctuation of this magnetization direction, and the fixed magnetization direction of the fixed magnetic layer 35, and the leakage field from a record medium is detected by the electrical-potential-difference change based on this electric resistance value change.

[0130] That is, the sensibility field e of Multilayers T is a part in which a magneto-resistive effect is demonstrated substantially, and a regenerative function commits it good in this part.

[0131] On the other hand, in the insensible fields d and D located in the both sides of the sensibility field e, magnetization of the fixed magnetic layer 35 and the free magnetic layer 37 is strongly influenced [ of magnetization ] from the 1st hardware bias layers 40 and 40, and magnetization of the free magnetic layer 37 has stopped being able to change easily to the external magnetic field. That is, an insensible field d has a weak magneto-resistive effect, and is a field to which the regenerative function fell.

[0132] Since the 1st electrode layer 43 is extended and formed even on the insensible field d of Multilayers T in drawing 7 The sense current from the 1st electrode layer 43 stops easily being able to flow in the 1st hardware bias layer 40. By being able to make [ many ] the rate of passing said sense current to the direct multilayers T, without minding the 1st hardware bias layer 40, and moreover extending and forming the 1st electrode layer 43 even on an insensible field d Since the plane-of-composition product of Multilayers T and the 1st electrode layer 43 also becomes large, a direct-current-resistance value (DCR) can be lowered, and it is possible to raise reproducing characteristics.

[0133] Moreover, if the 1st electrode layer 43 is extended and formed on an insensible field d, a sense current can suppress generating many influx noises to an insensible field d.

[0134] Drawing 8 is the sectional view which saw the magnetic sensing element of the gestalt of operation of the 8th of this invention from the opposed face side with a record medium.

[0135] In the magnetic sensing element shown in drawing 8, the bias substrate layer 39 is formed only on extension section 34b of the antiferromagnetism layer 34. Therefore, as for the 1st hardware bias layer 40, side-face 40a by the side of Multilayers T is directly in contact with the side face of 2nd free magnetic layer 37a. Then, the 1st hardware bias layer 40 and 2nd free magnetic layer 37a become a continuum magnetically, it can prevent an anti-field occurring in the side edge section of 2nd free magnetic layer 37a, and stability increases.

[0136] If it is not formed on the side face of 2nd free magnetic layer 37a even when the bias substrate layer 39 is formed on the side face of Multilayers T, the side face of the 1st hardware bias layer 40 and 2nd free magnetic layer 37a is contacted directly.

[0137] the [ or ] -- the [ 1 hard bias layer 40 and ] -- the case where the bias substrate layer 39 is formed between 2 free magnetic layer 37a -- the -- the [ 1 hard bias layer 40 and ], if the thickness of the bias substrate layer 39 between 2 free magnetic layer 37a is 1nm or less Through the pinhole produced in the bias substrate layer 39, the 1st hardware bias layer 40 and 2nd free magnetic layer 37a become a continuum magnetically, it can prevent an anti-field occurring in the side edge section of 2nd free magnetic layer 37a, and stability increases.

[0138] Drawing 9 is the sectional view which saw the magnetic sensing element of the gestalt of operation of the 9th of this invention from the opposed face side with a record medium.

[0139] The magnetic sensing element shown in drawing 9 makes reverse sequence of the laminating of the multilayers T of the magnetic sensing element which multilayers T1 show to drawing 1 thru/or drawing 8. that is, -- drawing 9 -- the substrate layer 33 top -- the [ 1 free magnetic layer 37c, nonmagnetic middle class 37b, and ] -- the laminating of the free magnetic layer 37 of the synthetic ferry free mold which consists of 2 free magnetic layer 37a, the non-magnetic material layer 36, 2nd fixed magnetic layer 35c, nonmagnetic middle class 35b, the fixed magnetic layer 35 of the synthetic ferry PINDO mold which consists of 1st fixed magnetic layer 35a, the antiferromagnetism layer 34, and the protective layer 38 is carried out continuously.

[0140] In contact with the top face of the substrate layer 33, and the side face of 2nd free magnetic layer 37a, the bias substrate layer 60 is formed of Cr etc. The 1st hardware bias layer 61 is formed on the bias substrate layer 60. As for the 1st hardware bias layer 61, side-face 61a by the side of multilayers T1 has countered through the bias substrate layer 60.

[0141] The laminating of the 2nd hardware bias layer 63 is carried out to the upper layer of the 1st hardware bias layer 61. Side-face 63a by the side of the multilayers T1 of the 2nd hardware bias layer 63 is prepared in the location which only the predetermined distance Sp1 left from side-face T1s of multilayers T1. The predetermined distance Sp1 is set up as a distance to which the field generated from the 2nd hardware bias layer 63 does not act on the free magnetic layer 37 in multilayers T1 directly. In addition, directly in contact with the 1st hardware bias layer 61 top, the laminating of the 2nd hardware bias layer 63 is carried out.

[0142] The 1st hardware bias layer 61 and the 2nd hardware bias layer 63 are formed with for example, the Co-Pt (cobalt-platinum) alloy, the Co-Cr-Pt (cobalt chrome-platinum) alloy, etc., and are magnetized in the direction of illustration X (truck cross direction).

[0143] On the 1st hardware bias layer 61, the interlayer 62 formed by non-magnetic materials, such as Ta, is formed, and the 1st electrode layer 64 is formed on this interlayer 62.

[0144] Furthermore, the 2nd electrode layer 66 is formed in the location which laps with the 2nd hardware bias layer 63. In addition, the 2nd electrode layer 66 and the 1st electrode layer 64 are connected directly electrically.

[0145] the [ the 1st electrode layer 64 and ] -- the [ between 1 hard bias layers 61 and the 2nd electrode layer 66, and ] -- if the middle class 62 and 65 who consists of Ta or Cr is formed between 2 hard bias layers 63 -- thermal diffusion -- it can protect -- the -- the [ 1 hard bias layer 61 and ] -- degradation of the magnetic properties of 2 hard bias layer 63 can be prevented.

[0146] In using Ta as the 1st electrode layer 64 and the 2nd electrode layer 66, it becomes easy to make the crystal structure of Ta by which a laminating is carried out to the upper layer of Cr by forming the interlayers 62 and 65 of Cr into the body-centered cubic structure of low resistance.

[0147] Moreover, when using Cr as the 1st electrode layer 64 and the 2nd electrode layer 66, by forming the interlayers 62 and 65 of Ta, Cr grows epitaxial and can reduce resistance.

[0148] In addition, the 1st electrode layer 64 and the 2nd electrode layer 66 can be formed, using W, Ta, Cr, Cu, Rh, Ir, Ru, Au, etc. as an ingredient. It is desirable to form using hard ingredients, such as W, Ta, Rh, Ir, and Ru, and to form the 2nd electrode layer 66 using the small ingredient of specific resistance, such as Cr, Cu, Au, and Ta, so that it may be hard to generate a smear in the process which grinds an opposed face with the record medium of a magnetic sensing element for the 1st electrode layer 64 especially connected with multilayers T1 electrically, and adjusts a direct-current-resistance value.

[0149] The up gap layer 44 is formed by the front face of multilayers T1, the front face of the 1st electrode layer 64, and the front face of the 2nd electrode layer 66, and the up shielding 45 is formed on the up gap layer 44. The up shielding layer 45 is covered with the protective layer 46 which consists of an inorganic insulating material.

[0150] The 1st hardware bias layer 61 should just arrange one magnetization direction among 2nd free magnetic layer 37a which constitutes the free magnetic layer 37, and 1st free magnetic layer 37c. In drawing 9, only the magnetization direction of 1st free magnetic layer 37c is arranged. If the



magnetization direction of 1st free magnetic layer 37c is arranged in the fixed direction, 2nd free magnetic layer 37a will be in the ferrimagnetism condition that the magnetization direction serves as anti-parallel, and the magnetization direction of the free magnetic layer 37 whole will be arranged in the fixed direction.

[0151] With the gestalt of this operation, the 1st hardware bias layer 61 mainly gives the static magnetic field of the direction of illustration X to 1st free magnetic layer 37c. Therefore, it can suppress that the magnetization direction (the direction of illustration X and reverse sense) of 2nd free magnetic layer 37a is disturbed by the static magnetic field of the direction of illustration X generated from the hard bias layer 61.

[0152] In this example, 1st free magnetic layer 37c of multilayers T1 is caudad formed rather than the antiferromagnetism layer 34, and adjoins the thick part of the thickness of the 1st hardware bias layer 61, therefore magnetization of 1st free magnetic layer 37c is easily arranged in the direction of X. Thereby, generating of a Barkhausen noise can be reduced.

[0153] Drawing 10 is the sectional view which saw the magnetic sensing element of the gestalt of operation of the 10th of this invention from the opposed face side with a record medium.

[0154] This magnetic sensing element centers on the non-magnetic material layer 106. the -- up and down -- the -- the [ the 1 free magnetic layer 105 and ] -- the 2 free magnetic layer 107, the nonmagnetic conductive layer 104,108, the 1st fixed magnetic layer 103, the 3rd fixed magnetic layer 109, the non-magnetic material layer 102,110, the 2nd fixed magnetic layer 101, the 4th fixed magnetic layer 111, and the antiferromagnetism layer 100,112 were formed -- It is possible to obtain a playback output higher than the spin bulb mold thin film (called a single spin bulb mold thin film) which it is called the so-called dual spin bulb mold thin film, and is shown in drawing 1 thru/or drawing 9 . In addition, the layer by which the layer currently formed in the bottom is formed most in the bottom in the substrate layer 33 is a protective layer 38, and multilayers T2 are constituted from a substrate layer 33 by the layered product to a protective layer 38.

[0155] In this invention, the antiferromagnetism layer 100,112 is formed with the Pt-Mn (platinum-manganese) alloy film. Or it replaces with said Pt-Mn alloy, and it is X-Mn (however, X is any one sort or two sorts or more of elements of Pd, Ir, Rh, and Ru), or may be formed by Pt-Mn-X' (however, X' is any one sort or two sorts or more of elements of Pd, Ir, Rh, Ru, Au, and Ag).

[0156] the [ said ] -- the [ the 1 free magnetic layer 105 and / said ] -- the 2 free magnetic layer 107, said 1st fixed magnetic layer 103, said 2nd fixed magnetic layer 101, said 3rd fixed magnetic layer 109, and said 4th fixed magnetic layer 111 are formed with a nickel-Fe (nickel-iron) alloy, Co (cobalt), the Co-Fe (cobalt-iron) alloy, the Co-Fe-nickel alloy, etc., and said nonmagnetic conductive layer 104,108 is formed with the nonmagnetic electrical conducting material with low electric resistance, such as Cu (copper).

[0157] From on the substrate layer 33, it applies to the side face of the 2nd fixed magnetic layer 101, the non-magnetic material layer 102, the 1st fixed magnetic layer 103, the nonmagnetic conductive layer 104, and the 1st free magnetic layer 105, the bias substrate layer 113,113 used as the buffer film and orientation film which were formed by Cr etc. is formed, and the bias field generated from the 1st hardware bias layer 114,114 later mentioned by formation of this bias substrate layer 113,113 can be increased.

[0158] The 1st hardware bias layer 114 is formed on the bias substrate layer 113. As for the 1st hardware bias layer 114, side-face 114a by the side of multilayers T2 has countered through the bias substrate layer 113.

[0159] The laminating of the 2nd hardware bias layer 116 is carried out to the upper layer of the 1st hardware bias layer 114. Side-face 116a by the side of the multilayers T of the 2nd hardware bias layer 116 is prepared in the location which only the predetermined distance Sp2 left from side-face T2s of Multilayers T. The predetermined distance Sp2 is set up as a distance to which the field generated from the 2nd hardware bias layer 116 does not act on the free magnetic layer F in multilayers T2 directly. In addition, directly in contact with the 1st hardware bias layer 114 top, the laminating of the 2nd hardware bias layer 116 is carried out.



[0160] The 1st hardware bias layer 114 and the 2nd hardware bias layer 116 are formed with for example, the Co-Pt (cobalt-platinum) alloy, the Co-Cr-Pt (cobalt chrome-platinum) alloy, etc., and are magnetized in the direction of illustration X (truck cross direction).

[0161] On the 1st hardware bias layer 114, the interlayer 115 formed by non-magnetic materials, such as Ta, is formed, and the 1st electrode layer 117 is formed on this interlayer 115.

[0162] Furthermore, the 2nd electrode layer 119 is formed in the location which laps with the 2nd hardware bias layer 116 through the interlayer 118. In addition, the 2nd electrode layer 119 and the 1st electrode layer 117 are connected directly electrically.

[0163] the [ the 1st electrode layer 117 and ] -- the [ between 1 hard bias layers 114 and the 2nd electrode layer 119, and ] -- if the middle class 115,118 who consists of Ta or Cr is formed between 2 hard bias layers 116 -- thermal diffusion -- it can protect -- the -- the [ 1 hard bias layer 114 and ] -- degradation of the magnetic properties of 2 hard bias layer 116 can be prevented.

[0164] In using Ta as the 1st electrode layer 117 and the 2nd electrode layer 119, it becomes easy to make the crystal structure of Ta by which a laminating is carried out to the upper layer of Cr by forming the interlayer 115,118 of Cr into the body-centered cubic structure of low resistance.

[0165] Moreover, when using Cr as the 1st electrode layer 117 and the 2nd electrode layer 119, by forming the interlayer 115,118 of Ta, Cr grows epitaxial and can reduce resistance.

[0166] In addition, the 1st electrode layer 117 and the 2nd electrode layer 119 can be formed, using W, Ta, Cr, Cu, Rh, Ir, Ru, Au, etc. as an ingredient. It is desirable to form using hard ingredients, such as W, Ta, Rh, Ir, and Ru, and to form the 2nd electrode layer 119 using the small ingredient of specific resistance, such as Cr, Cu, Au, and Ta, so that it may be hard to generate a smear in the process which grinds an opposed face with the record medium of a magnetic sensing element for the 1st electrode layer 117 especially connected with multilayers T2 electrically, and adjusts a direct-current-resistance value.

[0167] The up gap layer 44 is formed by the front face of multilayers T2, the front face of the 1st electrode layer 117, and the front face of the 2nd electrode layer 119, and the up shielding 45 is formed on the up gap layer 44. The up shielding layer 45 is covered with the protective layer 46 which consists of an inorganic insulating material.

[0168] Moreover, in drawing 10, that to which the laminating of said 1st fixed magnetic layer 103 from which the magnetic moment differs, and said 2nd fixed magnetic layer 101 was carried out through said non-magnetic material layer 102 functions as one fixed magnetic layer P1. Moreover, that to which the laminating of said 3rd fixed magnetic layer 109 from which the magnetic moment differs, and said 4th fixed magnetic layer 111 was carried out through said non-magnetic material layer 110 functions as one fixed magnetic layer P2.

[0169] The magnetization direction of said 1st fixed magnetic layer 103 and said 2nd fixed magnetic layer 101 is in a ferrimagnetism condition of anti-parallel different 180 degrees, and since said 1st fixed magnetic layer 103 and said 2nd fixed magnetic layer 101 fix the magnetization direction of another side mutually and suit, it can stabilize the magnetization direction of the fixed magnetic layer P1 in the fixed direction as a whole.

[0170] In drawing 10, each magnetic moment is changed by forming said 1st fixed magnetic layer 103 and said 2nd fixed magnetic layer 101 using the same ingredient, and changing each thickness further.

[0171] Moreover, it is in a ferrimagnetism condition of anti-parallel different 180 degrees, and the magnetization direction of said 3rd fixed magnetic layer 109 and said 4th fixed magnetic layer 111 also fixes the magnetization direction of another side mutually, and said its 3rd fixed magnetic layer 109 and said 4th fixed magnetic layer 111 suit.

[0172] In addition, said non-magnetic material layers 102 and 110 are formed with one sort or two sorts or more of alloys among Ru, Rh, Ir, Cr, Re, and Cu.

[0173] Said 2nd fixed magnetic layer 101 and the 4th fixed magnetic layer 111 are formed in contact with the antiferromagnetism layers 100 and 112, respectively, and the exchange anisotropy field by switched connection produces them by giving annealing in a magnetic field in an interface with said 4th fixed magnetic layer 111 and the antiferromagnetism layer 112 in an interface list with said 2nd fixed magnetic layer 101 and the antiferromagnetism layer 100.

[0174] The magnetization direction of said 2nd fixed magnetic layer 101 is fixed to an illustration Z direction. When the magnetization direction of said 2nd fixed magnetic layer 101 is fixed in the direction of illustration Y, the magnetization direction of the 1st fixed magnetic layer 103 which counters through said non-magnetic material layer 102 is fixed in the magnetization direction of said 2nd fixed magnetic layer 101, and the condition of anti-parallel. In addition, the direction of the synthetic magnetic moment which added the magnetic moment of said 2nd fixed magnetic layer 101 and the magnetic moment of said 1st fixed magnetic layer 103 turns into the magnetization direction of said fixed magnetic layer P1.

[0175] When the magnetization direction of said 2nd fixed magnetic layer 101 is fixed to an illustration Z direction, as for the magnetization direction of said 4th fixed magnetic layer 111, it is desirable to be fixed to an illustration Z direction and an anti-parallel direction. At this time, the magnetization direction of the 3rd fixed magnetic layer 109 which counters through said non-magnetic material layer 110 is fixed to the magnetization direction and the anti-parallel direction of said 4th fixed magnetic layer 111, i.e., a Z direction. In addition, the direction of the synthetic magnetic moment which added the magnetic moment of said 4th fixed magnetic layer 111 and the magnetic moment of said 3rd fixed magnetic layer 109 turns into the magnetization direction of said fixed magnetic layer P2.

[0176] the [ then, / said ] -- the [ the 1 free magnetic layer 105, said non-magnetic material layer 106, and / said ] -- the magnetization direction of said 1st fixed magnetic layer 103 which counters through the 2 free magnetic layer 107, and said 3rd fixed magnetic layer 109 will be in an anti-parallel condition mutually different 180 degrees.

[0177] in drawing 10, it mentions later -- as -- the free magnetic layer F -- the [ said ] -- the [ the 1 free magnetic layer 105 and / said ] -- the 2 free magnetic layer 107 forms as that by which the laminating was carried out through said non-magnetic material layer 106 -- having -- the [ said ] -- the [ the 1 free magnetic layer 105 and / said ] -- the magnetization direction of the 2 free magnetic layer 107 -- anti- -- it is in the ferrimagnetism condition which becomes parallel.

[0178] Said 1st free magnetic layer 105 and said 2nd free magnetic layer 107 change the magnetization direction in response to the effect of an external magnetic field, with a ferrimagnetism condition maintained. If the magnetization direction of said 1st fixed magnetic layer 103 and said 3rd fixed magnetic layer 109 is in an anti-parallel condition mutually different 180 degrees at this time, the phase of the resistance rate of change of a lower layer part will become [ magnetic layer / F / free ] equal from the resistance rate of change and the free magnetic layer F for a management.

[0179] Furthermore, it is desirable that the magnetization direction of said fixed magnetic layer P1 and the magnetization direction of said fixed magnetic layer P2 are anti-parallel directions.

[0180] For example, the magnetization direction makes larger than the magnitude of the magnetic moment of said 1st fixed magnetic layer 103 magnitude of the magnetic moment of said 2nd fixed magnetic layer 101 currently fixed to the illustration Z direction, and makes the magnetization direction of the fixed magnetic layer P1 an illustration Z direction. On the other hand, the magnetization direction makes smaller than the magnitude of the magnetic moment of said 4th fixed magnetic layer 111 magnitude of the magnetic moment of said 3rd fixed magnetic layer 109 currently fixed to the illustration Z direction, and makes the magnetization direction of the fixed magnetic layer P2 an illustration Z direction and an anti-parallel direction.

[0181] Then, the direction of the sense current field generated when a sense current is passed in the direction opposite to the direction of illustration X, the magnetization direction of the fixed magnetic layer P1, and the magnetization direction of the fixed magnetic layer P2 are in agreement, and the ferrimagnetism condition of said 1st fixed magnetic layer 103 and said 2nd fixed magnetic layer 101 and the ferrimagnetism condition of said 3rd fixed magnetic layer 109 and said 4th fixed magnetic layer 111 are stabilized.

[0182] Moreover, said 1st free magnetic layer 105 and said 2nd free magnetic layer 107 are formed so that each magnetic moments may differ. here -- the [ said ] -- the [ the 1 free magnetic layer 105 and / said ] -- forming the 2 free magnetic layer 107 using the same ingredient, and changing each thickness further -- the [ said ] -- the [ the 1 free magnetic layer 105 and / said ] -- the magnetic moment of the 2

free magnetic layer 107 is changed.

[0183] Furthermore, the non-magnetic material layer 102,106,116 is formed with one sort or two sorts or more of alloys among Ru, Rh, Ir, Cr, Re, and Cu.

[0184] drawing 10 -- the [ said ] -- the [ the 1 free magnetic layer 105 and / said ] -- that to which the laminating of the 2 free magnetic layer 107 was carried out through said non-magnetic material layer 106 functions as one free magnetic layer F.

[0185] the [ said ] -- the [ the 1 free magnetic layer 105 and / said ] -- the magnetization direction of the 2 free magnetic layer 107 -- anti- -- it is in the ferrimagnetism condition which becomes parallel, and effectiveness equivalent to making thickness of the free magnetic layer F thin obtains -- having -- the effectual magnetic moment per unit area of the whole free magnetic layer F -- small -- becoming -- magnetization -- changing -- being easy -- the field detection sensitivity of a magneto-resistive effect component improves.

[0186] The direction of the synthetic magnetic moment which added the magnetic moment of said 1st free magnetic layer 105 and the magnetic moment of said 2nd free magnetic layer 107 turns into the magnetization direction of said free magnetic layer F.

[0187] Said 1st hardware bias layer 114 is magnetized in the direction of illustration X (truck cross direction), and the magnetization direction of the free magnetic layer F has become in the direction of illustration X by the bias field to the direction of X from the 1st hardware bias layer 114.

[0188] And to the external magnetic field from a record medium, magnetization of said free magnetic layer F is changed with sufficient sensibility, electric resistance changes by the relation between fluctuation of this magnetization direction, and the fixed magnetization direction of the fixed magnetic layers P1 and P2, and the leakage field from a record medium is detected by the electrical-potential-difference change based on this electric resistance value change. however, contributing to an electric resistance value change (output) directly -- the [ the magnetization direction of the 1st fixed magnetic layer 103, and ] -- the [ the angular relation of the magnetization direction of the 1 free magnetic layer 105 and the magnetization direction of the 3rd fixed magnetic layer 109, and ] -- it is the angular relation of the magnetization direction of the 2 free magnetic layer 107, and it is desirable to lie at right angles in the condition that the condition and signal field which the detection current is energizing [ such angular relation ] are not impressed.

[0189] The hard bias layer 114 should just arrange one magnetization direction among the 1st free magnetic layer 105 which constitutes the free magnetic layer F, and the 2nd free magnetic layer 107. In drawing 10, only the magnetization direction of the 2nd free magnetic layer 107 is arranged. If the magnetization direction of the 2nd free magnetic layer 107 is arranged in the fixed direction, the 1st free magnetic layer 105 will be in the ferrimagnetism condition that the magnetization direction serves as anti-parallel, and the magnetization direction of the whole free magnetic layer F will be arranged in the fixed direction.

[0190] With the gestalt of this operation, the 1st hardware bias layer 114 mainly gives the static magnetic field of the direction of illustration X to the 2nd free magnetic layer 107. Therefore, it can suppress that the magnetization direction (the direction of illustration X and reverse sense) of the 1st free magnetic layer 105 is disturbed by the static magnetic field of the direction of illustration X generated from the hard bias layer 114.

[0191] Magnetic field strength which the free magnetic layer 37 and the 1st hardware bias layers 40 and 61,114 which arrange the magnetization direction of F generate can be weakened by making thin thickness  $t_1$ ,  $t_5$ , and  $t_7$  of the 1st hardware bias layers 40 and 61,114 also in the magnetic sensing element shown in drawing 10 from drawing 2. That is, the value of the residual magnetization  $x$  thickness of the free magnetic layer 37 and the 1st hardware bias layers 40 and 61,114 in F and a close part can be made small.

[0192] Therefore, the width method of the insensible field formed in multilayers T, T1, and T2 can be made small, a sensibility field can be made large, and the sensibility of a magnetic sensing element can be raised.

[0193] Furthermore, by carrying out the laminating of the 2nd hardware bias layers 42 and 63,116 to the

location which only the predetermined distance Sp, Sp1, and Sp2 separated from the side face of multilayers T, T1, and T2 directly in contact with the upper layer of the 1st hardware bias 40 and 61,114, thickness of the hard bias layer H is thickened and can enlarge the coercive force Hc and the square shape ratio of the hard bias layer H. Therefore, even if the field of disturbance exists, the free magnetic layer 37 and F can be changed into the stable single domain-ized condition.

[0194] With the gestalt of this operation, in order to enlarge the coercive force Hc and the square shape ratio of the hard bias layer H, making small the width method of the insensible field formed in Multilayers T, the thickness t2 and t6 of the 2nd hardware bias layers 42 and 63 is made thicker than the thickness t1 and t5 of the 1st hardware bias layers 40 and 61. However, the thickness t8 of the 2nd hardware bias layer 116 may be made thinner than the thickness t7 of the 1st hardware bias layer 114 like drawing 10.

[0195] moreover -- drawing 2 to drawing 10 -- the -- the upper layer of 1 hard bias layers 40 and 61,114 -- the -- although the laminating of the 2 hard bias layers 42 and 63,116 is carried out -- the -- the lower layer of 1 hard bias layers 40 and 61,114 -- direct -- touching -- the -- the laminating of the 2 hard bias layers 42 and 63,116 may be carried out.

[0196] Also in the magnetic sensing element of drawing 4 to drawing 10 Moreover, the inside of the 1st hardware bias layers 40 and 61,114 and the 2nd hardware bias layers 42 and 63,116, It is the field which laps only with the 1st hardware bias layers 40 and 61,114, and can set to the field S1 which does not lap with an insulating layer 52. When distance between the up shielding layer 45 in the location which laps the distance between the up shielding layer 45 and the lower shielding layer 31 with the center C of Gls and Multilayers T, and the lower shielding layer 31 is set to Glc It is desirable to set the value of said difference of Gls and Glc below to the value from which effective width-of-recording-track E-Tw of a magnetic sensing element is set to 0.17 micrometers.

[0197] In addition, it is desirable to set said Gls and said value of Glc as the range which fills  $Glc-20\text{ nm} \leq Gls \leq Glc+90\text{ nm}$  in the magnetic sensing element of drawing 10 from drawing 1. It is setting said Gls and said value of Glc as the range which fills  $Glc-20\text{ nm} \leq Gls \leq Glc+70\text{ nm}$  more preferably. It is setting said Gls and said value of Glc as the range which fills  $Glc-20\text{ nm} \leq Gls \leq Glc+30\text{ nm}$  still more preferably.

[0198] Or it is desirable to set said Gls and said value of Glc as the range which fills  $0.67 \leq Gls/Glc \leq 2.50$ . It is setting said Gls and said value of Glc as the range which fills  $0.67 \leq Gls/Glc \leq 2.17$  more preferably. It is setting said Gls and said value of Glc as the range which fills  $0.67 \leq Gls/Glc \leq 1.50$  still more preferably.

[0199] In addition, it is good also as  $Gls < Glc$  also as  $Gls = Glc$  also considering said Gls and said value of Glc as  $Gls > Glc$  in said Gls mentioned above and said range of the value of Glc.

[0200] If it is  $Gls > Glc$ , the distance between the up shielding layer [ / near the both sides of multilayers T, T1, and T2 ] 45 and the lower shielding layer 31 is larger than the distance between the up shielding layer 45 in the field which laps with multilayers T, T1, and T2, and the lower shielding layer 31 (gap length).

[0201] If it is  $Gls = Glc$ , the distance between the up shielding layer [ / near the both sides of multilayers T, T1, and T2 ] 45 and the lower shielding layer 31 is equal to the distance between the up shielding layer 45 in the field which laps with multilayers T, T1, and T2, and the lower shielding layer 31 (gap length).

[0202] If it is  $Gls < Glc$ , the distance between the up shielding layer [ / near the both sides of multilayers T, T1, and T2 ] 45 and the lower shielding layer 31 is smaller than the distance between the up shielding layer 45 in the field which laps with multilayers T, T1, and T2, and the lower shielding layer 31 (gap length).

[0203] Moreover, drawing 11 is the top view which looked at Multilayers T, the 1st electrode layer 43, and the 2nd electrode layer 51 of the magnetic sensing element shown in drawing 3 from the illustration upper part of drawing 3 R> 3.

[0204] Since the depth die length Z1 of the height direction of the 1st electrode layer 43 is made longer than the depth die length Z2 of the height direction of Multilayers T as shown in drawing 11, the direct-

current-resistance value of a magnetic sensing element can be made small.

[0205] In addition, although the magnetic sensing element of drawing 3 and drawing 5 - drawing 10 showed only the configuration which has a two-layer electrode layer, an electrode layer may be three or more layers.

[0206] Moreover, the laminating of the two or more more layers hard bias layer may be carried out on the 2nd hardware bias layer 42 and 63,116.

[0207] In addition, the free magnetic layer 37, F and the fixed magnetic layer 35, and P1 and P2 may be formed as the magnetic material layer or the two-layer magnetic material layers of a monolayer (CoFe/NiFe etc.).

[0208] The manufacture approach of the magnetic sensing element shown in drawing 3 is explained. As first shown in drawing 12, the lower shielding layer 31 and the lower gap layer 32 are formed. The lower shielding layer 31 is formed using magnetic materials, such as NiFe, and forms the lower gap layer 32 using insulating ingredients, such as aluminum2O3 and SiO2. The laminating of the lower shielding layer 31 is carried out on the substrate 30 through the substrate layer which consists of insulating ingredients, such as an alumina, and which is not illustrated.

[0209] Furthermore, the substrate layer 33 shown on the lower gap layer 32 at drawing 3, the antiferromagnetism layer 34, 1st fixed magnetic layer 35a, Nonmagnetic middle class 35b, the fixed magnetic layer 35 of the synthetic ferry PINDO mold which consists of 2nd fixed magnetic layer 35c, the non-magnetic material layer 36, 2nd free magnetic layer 37a, The laminating of the free magnetic layer 37 of the synthetic ferry free mold which consists of nonmagnetic middle class 37b and 1st free magnetic layer 37c, and the protective layer 38 is carried out, and Multilayers T are formed.

[0210] In addition, instead of these multilayers T, you may be the multilayers T1 of the single spin bulb mold thin film shown in drawing 9, and the multilayers T2 of the dual spin bulb mold thin film shown in drawing 10.

[0211] In addition, forming with a PtMn alloy is desirable, or it may form the antiferromagnetism layer which constitutes multilayers T, T1, or T2 by X-Mn (however, X is one-sort [ any ] or two sorts or more of elements of Pd, Ir, Rh, and Ru), or Pt-Mn-X' (however, X' is any one sort or two sorts or more of elements of Pd, Ir, Rh, Ru, Au, and Ag). When forming with the quality of the material which mentioned said antiferromagnetism layer above, it is necessary to heat-treat to generate a switched connection field in an interface with a fixed magnetic layer.

[0212] Next, pattern formation of the resist layer R1 for wrap lift off is carried out for the field of optical width-of-recording-track O-Tw of the magnetic sensing element to form on Multilayers T.

[0213] As shown in drawing 12, it cuts deeply on the inferior surface of tongue, and section R1a and R1a are formed in the resist layer R1.

[0214] Next, at the process shown in drawing 13, the both sides of Multilayers T are deleted by etching. At this process, the antiferromagnetism layer 34 is formed in the direction of illustration X for a long time by controlling an etching rate and etching time and carrying out as [ remain / do not shave off the side face of the antiferromagnetism layer 34, but ]. In addition, if the side face of the antiferromagnetism layer 34 is deleted completely, the magnetic sensing element shown in drawing 5 can be formed.

[0215] At the process furthermore shown in drawing 14, the bias substrate layers 39 and 39, the 1st hardware bias layer 40, and an interlayer 41 are formed on both sides of Multilayers T. Preferably, the 1st hardware bias layer 40 used the Co-Pt (cobalt-platinum) alloy, the Co-Cr-Pt (cobalt chrome-platinum) alloy, etc., the interlayer 41 used Ta, and the bias substrate layer 39 formed any Cr(s) [ one or more sorts in Cr, Ti, Mo, or W50Mo50 of ]. With the gestalt of this operation, membrane formation of the bias substrate layer 39, the 1st hardware bias layer 40, and an interlayer 41 was performed using the spatter which has an anisotropy.

[0216] The 1st hardware bias layer 40 is formed in the height location where topmost part 40b of Multilayers T and side-face 40a of the side which counters laps with the top face 37a3 of 2nd free magnetic layer 37a with the gestalt of this operation. That is, membranes are formed to the side face of the multilayers T of the 1st hardware bias layer 40, side-face 40a of the side which counters, and 2nd free magnetic layer 37a, and the height location which counters, and the side face of 1st free magnetic

layer 37c is formed so that it may not counter. However, you may make it side-face 40a of the 1st hardware bias layer 40 counter with the side face of the side face of the fixed magnetic layer 35, the side face of the non-magnetic material layer 36, 2nd free magnetic layer 37a, nonmagnetic interlayer 37b, and 1st free magnetic layer 37c, as shown in drawing 6.

[0217] the -- the [ from which 1 hard bias layer 40 constitutes the free magnetic layer 37 ] -- the [ 2 free magnetic layer 37a and ] -- the [ among 1 free magnetic layer 37c ] -- only the magnetization direction of 2 free magnetic layer 37a is arranged. If the magnetization direction of 2nd free magnetic layer 37a is arranged in the fixed direction, 1st free magnetic layer 37c will be in the ferrimagnetism condition that the magnetization direction serves as anti-parallel, and the magnetization direction of the free magnetic layer 37 whole will be arranged in the fixed direction.

[0218] With the gestalt of this operation, the 1st hardware bias layer 40 mainly gives the static magnetic field of the direction of illustration X to 2nd free magnetic layer 37a. the [ therefore, ] -- the static magnetic field of the direction of illustration X generated from 1 hard bias layer 40 -- the -- it can suppress that the magnetization direction (the direction of illustration X and reverse sense) of 1 free magnetic layer 37c is disturbed.

[0219] Next, at the process shown in drawing 15, the 1st electrode layer 43 is formed from the predetermined include angle theta 3 on an interlayer 41 and 41 to the direction of a normal of substrate 30 front face. The 1st electrode layer 43 consists of an electrode of the pair which opened the predetermined spacing Sp3 crosswise [ truck ], and was formed in the both-sides field of Multilayers T.

[0220] Under the present circumstances, the 1st electrode layer 43 may be formed even in slitting section R1a formed in the inferior surface of tongue of the resist layer R1 in which it was prepared on Multilayers T, and R1a.

[0221] In addition, when forming the 1st electrode layer 43, as shown in drawing 11, it is desirable to form the depth die length Z1 of the height direction of the 1st electrode layer 43 for a long time than the depth die length Z2 of the height direction of Multilayers T.

[0222] And after lift off removes the resist layer R1, using resist exfoliation liquid, as it is shown in drawing 16, the resist layer R2 for lift off in which slitting section R2a and R2a were formed is formed on Multilayers T and the 1st electrode layer 43.

[0223] Next, the 1st electrode layer 43, the middle class 41, and the 1st hardware bias layer 40 are deleted by etching. An etching rate and etching time are controlled by this process, and it carries out as [ remain / do not shave off the 1st hardware bias layer 40 altogether but ] at it.

[0224] Next, continuation membrane formation of the 2nd hardware bias layer 42, an interlayer 50, and the 2nd electrode layer 51 is carried out from the predetermined include angle theta 4 on the 1st hardware bias layer 40 to the direction of a normal of substrate 30 front face.

[0225] Thus, the magnetic sensing element by which the laminating of the 2nd hardware bias layer 42 which has side-face 40a by the side of Multilayers T in the location which only the predetermined distance Sp separated from the side face Ts of Multilayers T is carried out to the upper layer of the 1st hardware bias layer 40 can be formed. The predetermined distance Sp is set up as a distance to which the field generated from the 2nd hardware bias layer 42 does not act on the free magnetic layer 37 in Multilayers T directly. In addition, directly in contact with the 1st hardware bias layer 40 top, the laminating of the 2nd hardware bias layer 42 is carried out.

[0226] The 1st hardware bias layer 40 and the 2nd hardware bias layer 42 are formed with for example, a Co-Pt (cobalt-platinum) alloy, a Co-Cr-Pt (cobalt chrome-platinum) alloy, etc. Moreover, the 1st hardware bias layer 40 and the 2nd hardware bias layer 42 are magnetized in the direction of illustration X (truck cross direction) after membrane formation.

[0227] In addition, it is more desirable than the thickness t1 of the 1st hardware bias layer 40 to thicken thickness t2 of the 2nd hardware bias layer 42.

[0228] When forming the 2nd hardware bias layer 42, an interlayer 50, and the 2nd electrode layer 51 For example, leaning aslant the target formed by the presentation of the 2nd hardware bias layer 42, an interlayer 50, and the 2nd electrode layer 51 to the substrate 30 with which Multilayers T were formed, and moving or rotating said target on said substrate 30 Membranes are formed by the spatter which

combined the ion beam spatter method, the long slow spatter method, the collimation spatter method, or them.

[0229] Or said target may be fixed, and a substrate 30 side may be moved or rotated in the direction of slant to said target.

[0230] In addition, it is desirable to make the membrane formation include angle theta 4 when forming the 2nd hardware bias layer 42, an interlayer 50, and the 2nd electrode layer 51 larger than the membrane formation include angle theta 3 when forming the 1st electrode layer 43. By considering as the membrane formation include-angle theta4> membrane formation include angle theta 3, the include angle theta 2 which a flat surface parallel to a multilayers T front face and the tangential plane of the front end edge of the 2nd electrode layer 51 make can be made smaller than the include angle theta 1 which a flat surface parallel to a multilayers T front face and the tangential plane of the front end edge of the 1st electrode layer 43 make.

[0231] theta1> If theta 2, supply of the current to Multilayers T can be stabilized from the 1st electrode layer 43 by which direct continuation is carried out to Multilayers T.

[0232] Moreover, in order to suppress that the distance between the up shielding layer [ / near the both sides of Multilayers T ] 45 and the lower shielding layer 31 becomes large and to make small the direct-current-resistance value of a magnetic sensing element, it is desirable to make thickness t4 of the 2nd electrode layer 51 thicker than the thickness t3 of the 1st electrode layer 43.

[0233] Moreover, it is desirable to form using hard ingredients, such as W, Ta, Rh, Ir, and Ru, and to form the 2nd electrode layer 51 using the small ingredient of specific resistance, such as Cr, Cu, Au, and Ta, so that it may be hard to generate a smear in the process which grinds an opposed face with the record medium of a magnetic sensing element for the 1st electrode layer 43 electrically connected with Multilayers T, and adjusts a direct-current-resistance value.

[0234] And on Multilayers T, the 1st electrode layer 43, and the 2nd electrode layer 51, after lift off removes the resist layer R2, using resist exfoliation liquid, as shown in drawing 18 , the up gap layer 44 is formed.

[0235] Furthermore, at the process shown in drawing 19 , the laminating of the resist layer R3 for lift off by which the slitting section was formed in the field which laps with the part on Multilayers T and the 1st electrode layer 43 is carried out, and the insulating layer 52 which laps with all the fields on the part on the 1st electrode layer 43 and the 2nd electrode layer 51 from across to a substrate 30 is formed.

[0236] After lift off removes the resist layer R3, using resist exfoliation liquid, as it is shown in drawing 20 , the magnetic sensing element of drawing 3 is completed through the process which forms the up shielding layer 45 on the up gap layer 44 and an insulating layer 52, and forms a protective layer 46 on the up shielding layer 45.

[0237] In the manufacture approach of the above-mentioned magnetic sensing element In addition, the 1st electrode layer 43, It is the field which laps only with the 1st electrode layer 43 among the 2nd electrode layers 51. The distance between the up shielding layer 45 in the fields S1 and S1 which do not lap with an insulating layer 52, and the lower shielding layer 31 Gls, When distance between the up shielding layer 45 in the location which laps with the center C of Multilayers T, and the lower shielding layer 31 is set to Glc It is desirable to set up the thickness of each class which constitutes a magnetic sensing element so that it may become below the value from which the effective width of recording track of a magnetic sensing element is set to 0.17 micrometers in said value of the difference of Glc with said Gls.

[0238] It is desirable to specifically set said Gls and said value of Glc as the range which fills  $Glc-20\text{ nm} \leq Gls \leq Glc+90\text{ nm}$ . It is setting said Gls and said value of Glc as the range which fills  $Glc-20\text{ nm} \leq Gls \leq Glc+70\text{ nm}$  more preferably. It is setting said Gls and said value of Glc as the range which fills  $Glc-20\text{ nm} \leq Gls \leq Glc+30\text{ nm}$  still more preferably.

[0239] Or it is desirable to set said Gls and said value of Glc as the range which fills  $0.67 \leq Gls/Glc \leq 2.50$ . It is setting said Gls and said value of Glc as the range which fills  $0.67 \leq Gls/Glc \leq 2.17$  more preferably. It is setting said Gls and said value of Glc as the range which fills  $0.67 \leq Gls/Glc \leq 1.50$  still more preferably.



[0240] By making the value of said difference of  $G_{ls}$  and  $G_{lc}$  below into a predetermined value, it can suppress that the distance between the up shielding layer [ / near the both sides of Multilayers T ] 45 and the lower shielding layer 31 becomes large, and effective width-of-recording-track E-Tw can be made small.

[0241] Moreover, also with the gestalt of this operation, the thin 1st electrode layer is used as a monolayer [ near the multilayers T ], and thickness which is separated from Multilayers T is enlarged by carrying out the laminating of the 2nd electrode layer on the 1st electrode layer.

[0242] Consequently, the direct-current-resistance value of a magnetic sensing element can be made small, making small distance between the up shielding layer [ / near the both sides of Multilayers T ] 45, and the lower shielding layer 31.

[0243] Moreover, [ near the multilayers T ], since the 1st electrode layer 43 can be formed thinly, the level difference D formed of the front face of Multilayers T and side-face 42a of the 1st electrode layer 43 can be made low. Therefore, even if it makes thickness of the up gap layer 44 small, the up gap layer 44 can be certainly formed on this level difference D. Namely, the electric short circuit between the up shielding layer 45 and the 2nd electrode layer 51 can be more certainly prevented now.

[0244] In the above, the manufacture approach of the magnetic sensing element shown in drawing 3 was explained. In addition, formation of an insulating layer 52 may be omitted in the above-mentioned production process. Moreover, it is good also as  $G_{ls} < G_{lc}$  also as  $G_{ls} = G_{lc}$  also considering said  $G_{ls}$  and said value of  $G_{lc}$  as  $G_{ls} > G_{lc}$  within limits which said  $G_{ls}$  and said value of  $G_{lc}$  mentioned above.

[0245] Moreover, in the process of drawing 17, the magnetic sensing element shown in drawing 1 or drawing 2 can be formed by omitting formation of an interlayer 50 and the 2nd electrode layer 51.

[0246] Moreover, in the process of drawing 15, the magnetic sensing element of drawing 4 can be formed by omitting formation of an interlayer 41 and the 1st electrode layer 43.

[0247] What is necessary is just to form the 1st electrode layer 43 even in the slitting circles of said resist layer, when forming the resist layer for lift off and forming the 1st electrode layer 43 so that the width method of the insensible field d of Multilayers T may be beforehand measured using another magnetic head using the micro truck profile method etc. and only this insensible field d top may be covered, when forming the magnetic sensing element of drawing 7.

[0248] What is necessary is just to form the bias substrate layers 39 and 39 from [ to the front face of a substrate 30 ] a normal, as shown in drawing 21 when forming the magnetic sensing element shown in drawing 8. For example, the target for carrying out spatter membrane formation of the bias substrate layers 39 and 39 is made to counter so that it may become parallel to a substrate 30, and the angular distribution of sputtered particles Sa forms by the narrow good approach (spatter which combined the ion beam spatter method, the long slow spatter method, the collimation spatter method, or them) of rectilinear-propagation nature. There are almost no sputtered particles deposited on the side face of Multilayers T by this, and membranes can be formed only on extension section 34b of the antiferromagnetism layer 34 in Multilayers T.

[0249] Furthermore, by forming the 1st hardware bias layer 40 using the spatter of isotropy or an anisotropy, as shown in drawing 8, side-face 40a by the side of the 1st hardware bias layer 40 multilayers T can touch the side face of 2nd free magnetic layer 37a directly. Then, the 1st hardware bias layer 40 and 2nd free magnetic layer 37a become a continuum magnetically, it can prevent an anti-field occurring in the side edge section of 2nd free magnetic layer 37a, and stability increases.

[0250] By setting up the location of edge R1b of the resist layer R1, the angular distribution of sputtered particles Sa, and rectilinear-propagation nature The bias substrate layer 39 is made not to be formed on the side face of Multilayers T at all, The bias substrate layer 39 is formed on the side face of Multilayers T in the range which is not formed on the side face of 2nd free magnetic layer 37a, the -- the [ 1 hard bias layer 40 and ] -- that the bias substrate layer 39 is formed on the side face of Multilayers T so that the thickness of the bias substrate layer 39 between 2 free magnetic layer 37a may be set to 1nm or less, and \*\* -- it can become either inside.

[0251] moreover, in order to form a three or more-layer electrode layer It forms on the electrode layer of the maximum upper layer among the already formed two or more layers electrode layers from



Multilayers T, applying the resist layer for lift off in which the slitting section was formed. What is necessary is to form still more nearly another electrode layer from a predetermined membrane formation include angle to the direction of a normal of said substrate on the electrode layer of said maximum upper layer, and just to repeat the process which removes the account resist layer of back to front.

[0252] It is considering as the resist layer R1 for lift off which has notching section R1a formed by the two-layer resist method, the image reversing method, etc. in the resist layer which carries out the mask of the multilayers T in the process shown in drawing 15 from drawing 12 , and R1a.

[0253] However, in this invention, as shown in drawing 22 , the mask of the wrap field may be carried out for the field of optical width-of-recording-track O-Tw of the magnetic sensing element to form using the resist layer R4 which does not have the notching section. When forming optical width-of-recording-track O-Tw by the width method 0.2 micrometers or less, it is effective to form the resist layer R4 which does not have the notching section using electron beam lithography etc.

[0254] After formation of the resist layer R4, as shown in drawing 23 , the both sides of Multilayers T are deleted by etching.

[0255] At the process furthermore shown in drawing 24 , the bias substrate layers 39 and 39, the 1st hardware bias layers 40 and 40, interlayers 41 and 41, and the 1st electrode layers 43 and 43 are formed on both sides of Multilayers T.

[0256] In this invention, the 1st electrode layer 43 can be formed thinly [ near the multilayers T ], and the height dimension of the level difference D formed of the front face of Multilayers T and the side face of the 1st electrode layer 43 can be made low. Therefore, even if the resist layer R4 does not have the notching section, the resist layer R4 is certainly removable after membrane formation of the 1st electrode layer 43.

[0257] In addition, the laminating of the inductive head for record may be carried out to the magnetic sensing element of this invention, and the record playback compound-die magnetic head may be constituted.

[0258] Moreover, the configuration of the hard bias layer of this invention can also be used in order to single-domain-ize the free magnetic layer of a CPPGMR mold MAG sensing element and a TMR (tunnel effect magneto-resistive effect) mold MAG sensing element.

[0259]

[Example] The surfacing type magnetic head is formed using the magnetic sensing element of the structure shown in drawing 3 . The distance Glc between the up shielding layer 45 in the location which laps with the center C of the multilayers T of a magnetic sensing element, and the lower shielding layer 31 is fixed. It is the field which laps only with the 1st electrode layer 43, and effective width-of-recording-track (effective read width) E-Tw when changing the distance Gl between the up shielding layer 45 in the fields S1 and S1 which do not lap with an insulating layer 52, and the lower shielding layer 31 was measured.

[0260] Measurement of effective width-of-recording-track E-Tw was performed using the full truck profile method explained previously (refer to the drawing 2626 ).

[0261] Glc of the magnetic sensing element used for measurement set [ 60nm and optical width-of-recording-track O-Tw ] 0.1 micrometers and the magnetic flying height from a record medium to 18nm for 0.15 micrometers and the height direction depth die length Z2 of Multilayers T. Moreover, it investigated about two kinds when considering as the time of making the value of the residual magnetization x thickness of the 1st hardware bias layer 40 into 7.5 T-nm, and 21.7 T-nm of cases.

[0262] The graph which shows the relation between the value of said difference of Gl and Glc and effective width-of-recording-track E-Tw to drawing 25 is shown.

[0263] The graph of drawing 25 shows that effective width-of-recording-track E-Tw becomes small, when said value of Gl becomes small.

[0264] When the value of the residual magnetization x thickness of the 1st hardware bias layer 40 is made into 7.5 T-nm, in order to set effective width-of-recording-track E-Tw to 0.17 micrometers or less, the value of said difference of Gl and Glc is understood [ 90nm or less, then ] are good. Furthermore, 70nm or less, then effective width-of-recording-track E-Tw are made to 0.167 micrometers or less by

the value of said difference of Gls and Glc, and 30nm or less, then effective width-of-recording-track E-Tw are made to 0.165 micrometers or less by the value of said difference of Gls and Glc.

[0265] Moreover, when the value of the residual magnetization x thickness of the 1st hardware bias layer 40 is made into 21.7 T-nm, 70nm or less, then effective width-of-recording-track E-Tw are made to 0.16 micrometers or less by the value of said difference of Gls and Glc, and 30nm or less, then effective width-of-recording-track E-Tw are made to 0.157 micrometers or less by the value of said difference of Gls and Glc.

[0266] In addition, in order to form the 1st hardware bias layer 40 of sufficient thickness, being referred to as  $Gls - Glc \geq -20nm$  is desirable.

[0267] We decided to make said Gls and said value of Glc desirable [ setting it as the range which fills  $Glc - 20nm \leq Gls \leq Glc + 90nm$  ] in this invention, and to set it as the range which fills  $Glc - 20nm \leq Gls \leq Glc + 70nm$  more preferably from these results, and to set it as the range which fills  $Glc - 20nm \leq Gls \leq Glc + 30nm$  still more preferably.

[0268] Moreover, we presupposed that it is desirable to set said Gls and said value of Glc as the range which fills  $0.67 \leq Gls/Glc \leq 2.50$  from that said Glc is 60nm, and the above-mentioned above Gls and the range of said desirable value of Glc, and decided more preferably to set it as the range which fills  $0.67 \leq Gls/Glc \leq 2.17$ , and to set it as the range which fills  $0.67 \leq Gls/Glc \leq 1.50$  still more preferably.

[0269]

[Effect of the Invention] In this invention explained to the detail above, the strength of the static magnetic field of said 1st hardware bias layer which arranges the magnetization direction of said free magnetic layer can be weakened by making thickness of the 1st hardware bias layer thin. That is, said free magnetic layer of said hard bias layer and the value of the residual magnetization x thickness in a close part can be made small.

[0270] Therefore, the width method of the insensible field formed in said multilayers can be made small, a sensibility field can be made large, and the sensibility of a magnetic sensing element can be raised.

[0271] Furthermore, by carrying out the laminating of said 2nd hardware bias layer by predetermined distance detached building \*\*\*\*\* directly in contact with the upper layer or the lower layer of said 1st hardware bias from the side face of said multilayers, thickness of said hard bias layer is thickened and can enlarge the coercive force Hc and the square shape ratio of a hard bias layer. Therefore, even if the field of disturbance exists, said free magnetic layer can be changed into the stable single domain-ized condition.

---

[Translation done.]

\* NOTICES \*

JPO and NCIPI are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

DESCRIPTION OF DRAWINGS

---

[Brief Description of the Drawings]

- [Drawing 1] The sectional view which looked at the magnetic sensing element of the gestalt of operation of the 1st of this invention from the opposed face side with a record medium,
- [Drawing 2] The sectional view which looked at the magnetic sensing element of the gestalt of operation of the 2nd of this invention from the opposed face side with a record medium,
- [Drawing 3] The sectional view which looked at the magnetic sensing element of the gestalt of operation of the 3rd of this invention from the opposed face side with a record medium,
- [Drawing 4] The sectional view which looked at the magnetic sensing element of the gestalt of operation of the 4th of this invention from the opposed face side with a record medium,
- [Drawing 5] The sectional view which looked at the magnetic sensing element of the gestalt of operation of the 5th of this invention from the opposed face side with a record medium,
- [Drawing 6] The sectional view which looked at the magnetic sensing element of the gestalt of operation of the 6th of this invention from the opposed face side with a record medium,
- [Drawing 7] The sectional view which looked at the magnetic sensing element of the gestalt of operation of the 7th of this invention from the opposed face side with a record medium,
- [Drawing 8] The sectional view which looked at the magnetic sensing element of the gestalt of operation of the 8th of this invention from the opposed face side with a record medium,
- [Drawing 9] The sectional view which looked at the magnetic sensing element of the gestalt of operation of the 9th of this invention from the opposed face side with a record medium,
- [Drawing 10] The sectional view which looked at the magnetic sensing element of the gestalt of operation of the 10th of this invention from the opposed face side with a record medium,
- [Drawing 11] The top view which looked at Multilayers T, the 1st electrode layer 43, and the 2nd electrode layer 51 of the magnetic sensing element shown in drawing 3 from the illustration upper part of drawing 3 ,
- [Drawing 12] 1 process drawing showing the gestalt of implementation of the manufacture approach of the magnetic sensing element of this invention,
- [Drawing 13] 1 process drawing showing the gestalt of implementation of the manufacture approach of the magnetic sensing element of this invention,
- [Drawing 14] 1 process drawing showing the gestalt of implementation of the manufacture approach of the magnetic sensing element of this invention,
- [Drawing 15] 1 process drawing showing the gestalt of implementation of the manufacture approach of the magnetic sensing element of this invention,
- [Drawing 16] 1 process drawing showing the gestalt of implementation of the manufacture approach of the magnetic sensing element of this invention,
- [Drawing 17] 1 process drawing showing the gestalt of implementation of the manufacture approach of the magnetic sensing element of this invention,
- [Drawing 18] 1 process drawing showing the gestalt of implementation of the manufacture approach of the magnetic sensing element of this invention,

[Drawing 19] 1 process drawing showing the gestalt of implementation of the manufacture approach of the magnetic sensing element of this invention,

[Drawing 20] 1 process drawing showing the gestalt of implementation of the manufacture approach of the magnetic sensing element of this invention,

[Drawing 21] 1 process drawing showing the gestalt of implementation of the manufacture approach of the magnetic sensing element of this invention,

[Drawing 22] 1 process drawing showing the gestalt of implementation of the manufacture approach of the magnetic sensing element of this invention,

[Drawing 23] 1 process drawing showing the gestalt of implementation of the manufacture approach of the magnetic sensing element of this invention,

[Drawing 24] 1 process drawing showing the gestalt of implementation of the manufacture approach of the magnetic sensing element of this invention,

[Drawing 25] The graph which shows the relation between the value of said difference of GIs and Glc, and the effective width of recording track,

[Drawing 26] The graph for explaining the full truck profile method,

[Drawing 27] The sectional view which looked at the conventional magnetic sensing element from the opposed face side with a record medium,

[Description of Notations]

31 Lower Shielding Layer

32 Lower Gap Layer

33 Substrate Layer

34 Antiferromagnetism Layer

35 Fixed Magnetic Layer

35a The 1st fixed magnetic layer

35b Nonmagnetic interlayer

35c The 2nd fixed magnetic layer

36 Non-magnetic Material Layer

37 Free Magnetic Layer

37a The 2nd free magnetic layer

37b Nonmagnetic interlayer

37c The 1st free magnetic layer

38 Protective Layer

39 Bias Substrate Layer

40 1st Hardware Bias Layer

41 Interlayer

42 2nd Hardware Bias Layer

43 1st Electrode Layer

44 Up Gap Layer

45 Up Shielding Layer

46 Protective Layer

51 2nd Electrode Layer

T, T1, T2 Multilayers

---

[Translation done.]

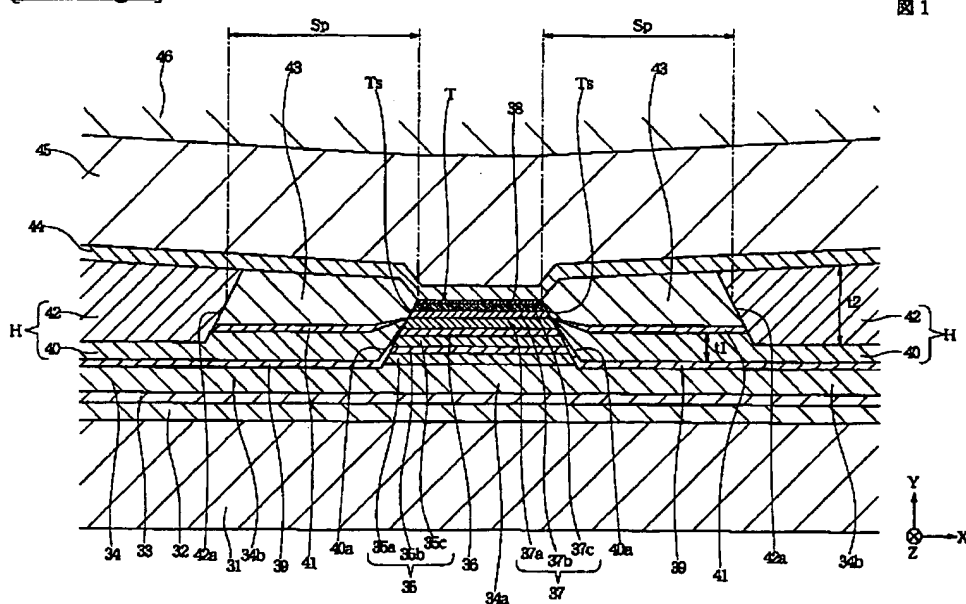
## \* NOTICES \*

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

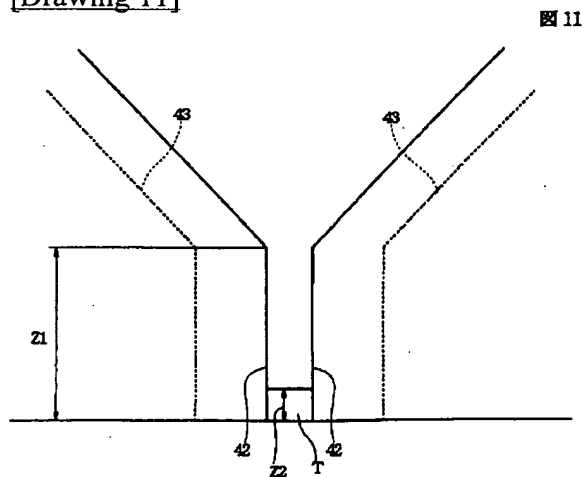
1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

## DRAWINGS

[Drawing 1]

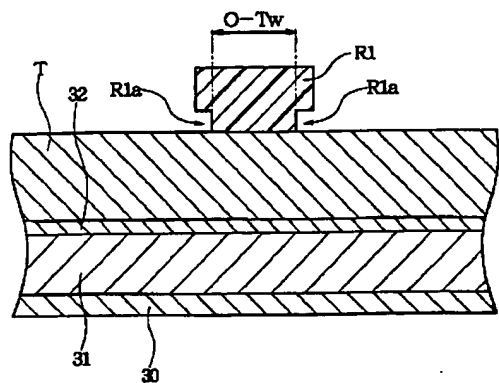


[Drawing 11]



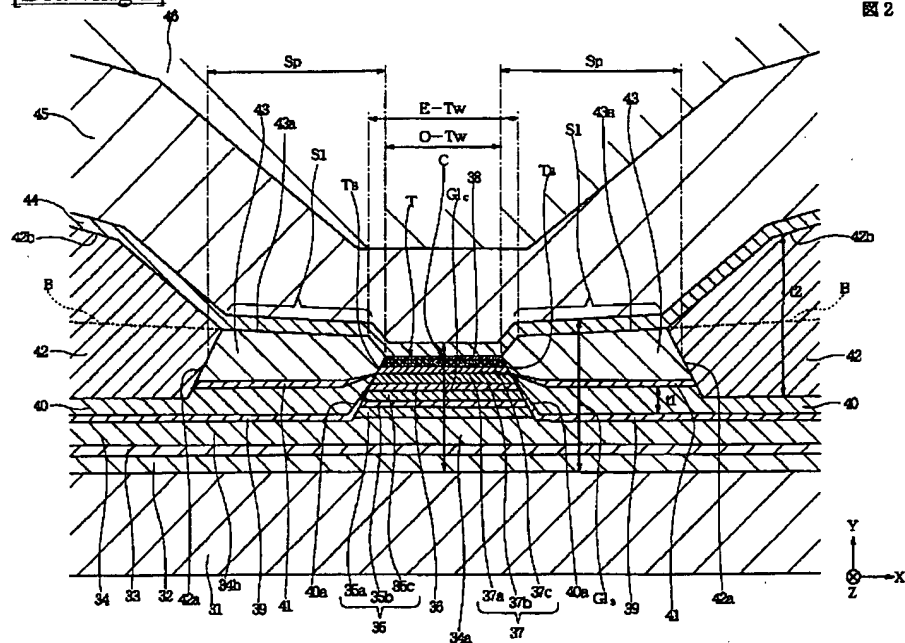
[Drawing 12]

図 12

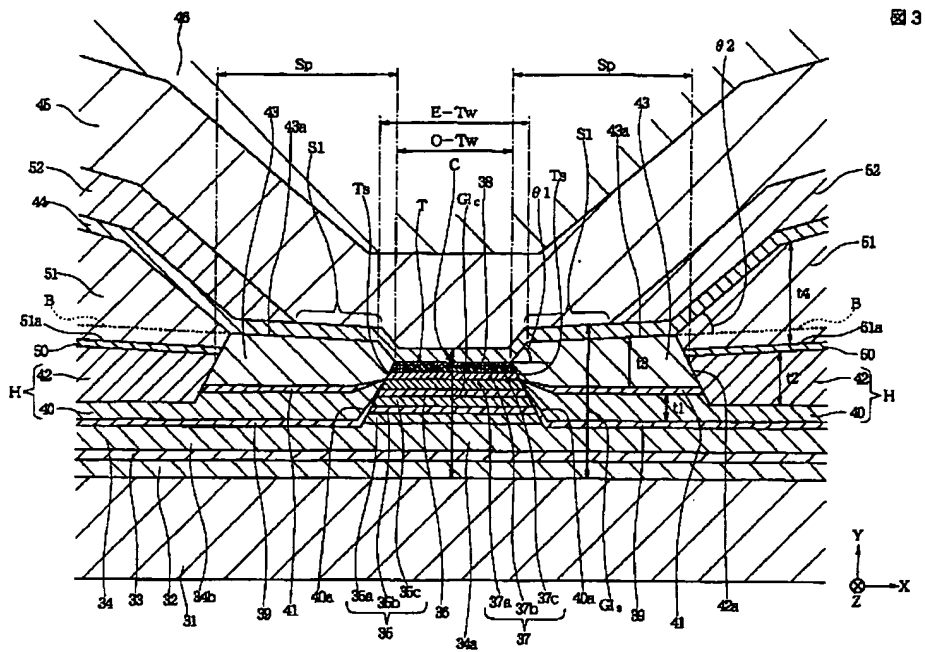


[Drawing 2]

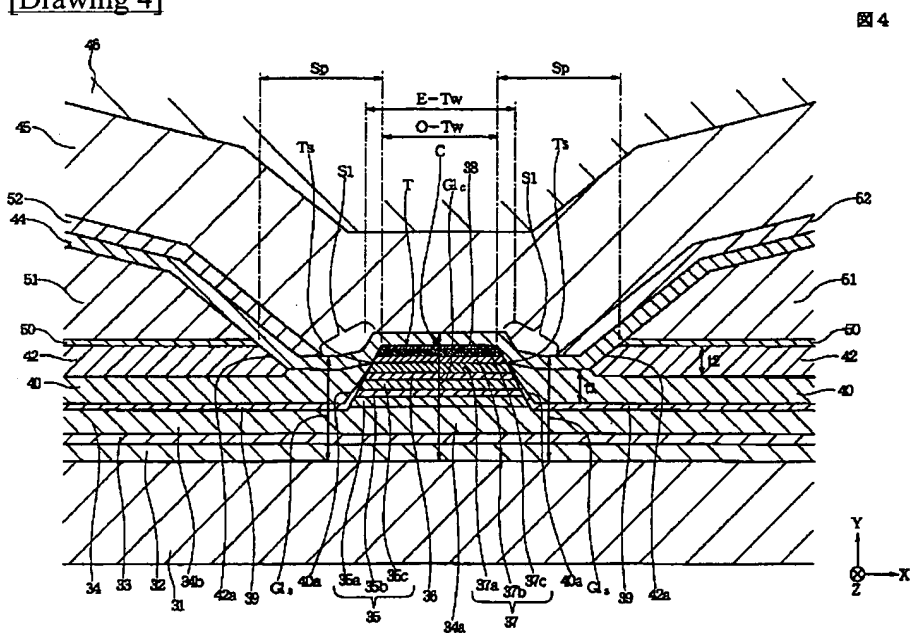
図 2



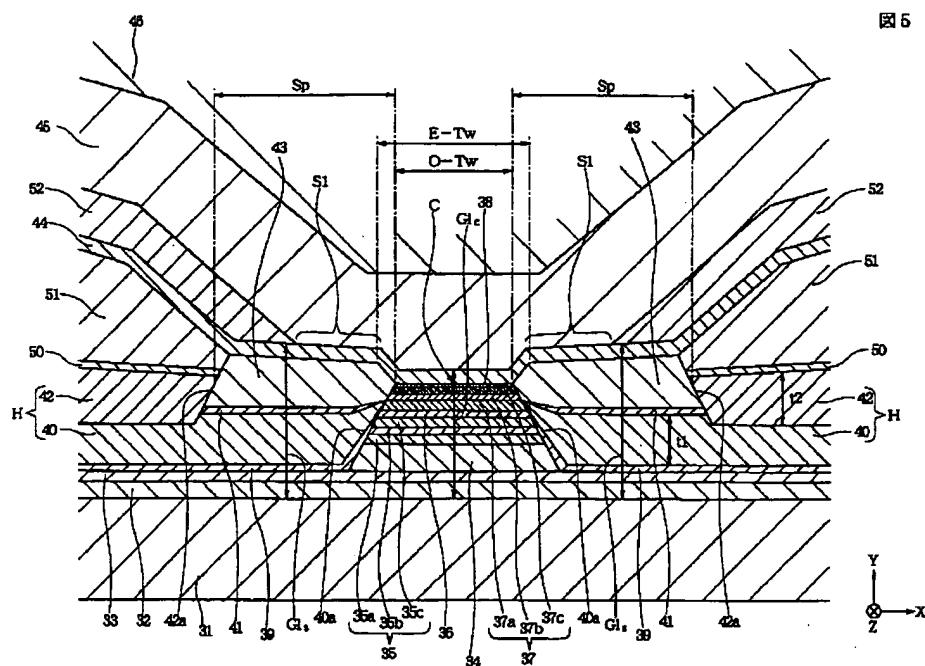
[Drawing 3]



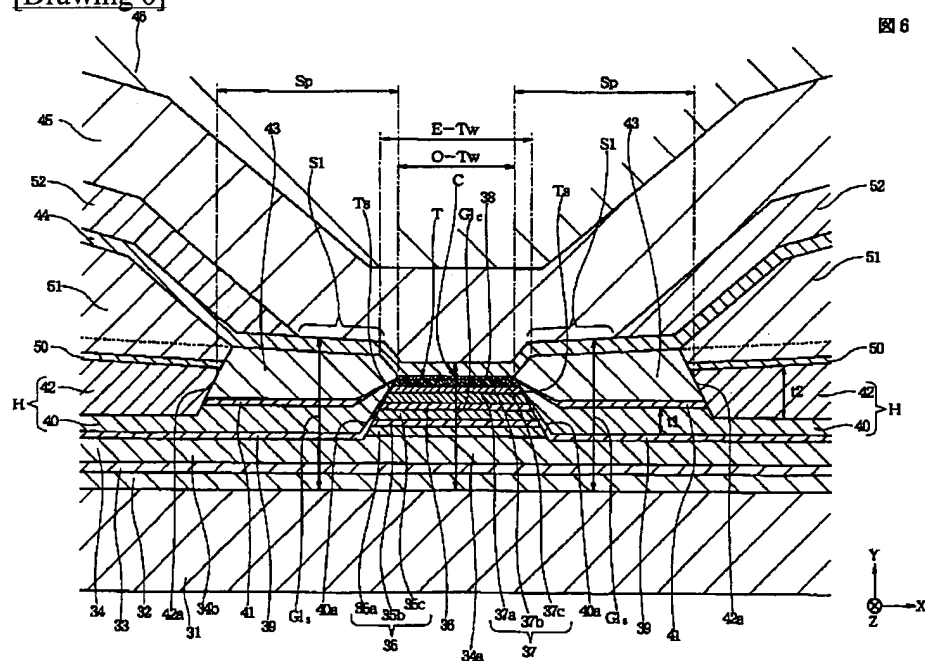
[Drawing 4]



[Drawing 5]

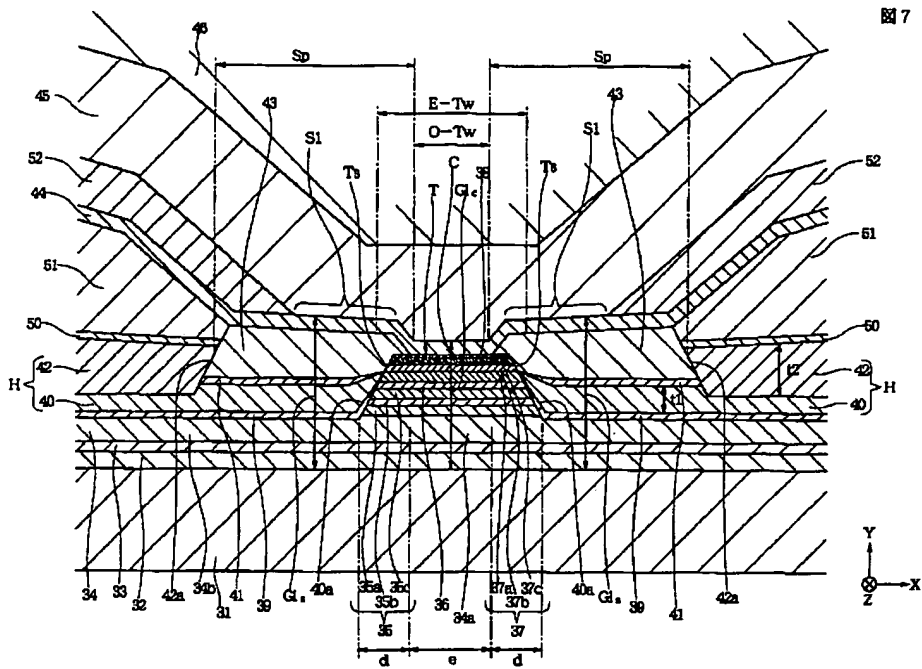


[Drawing 6]

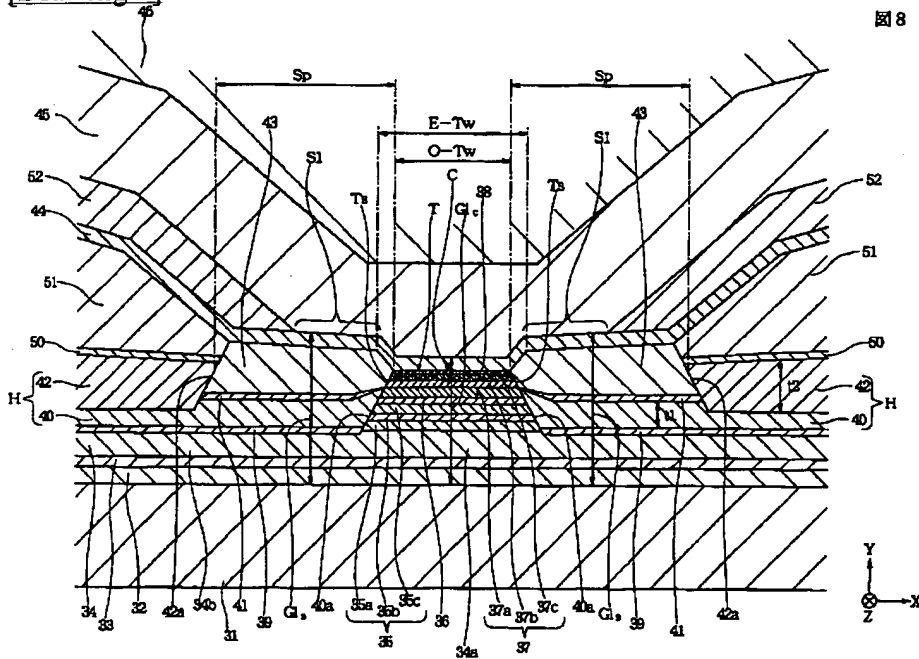


[Drawing 7]

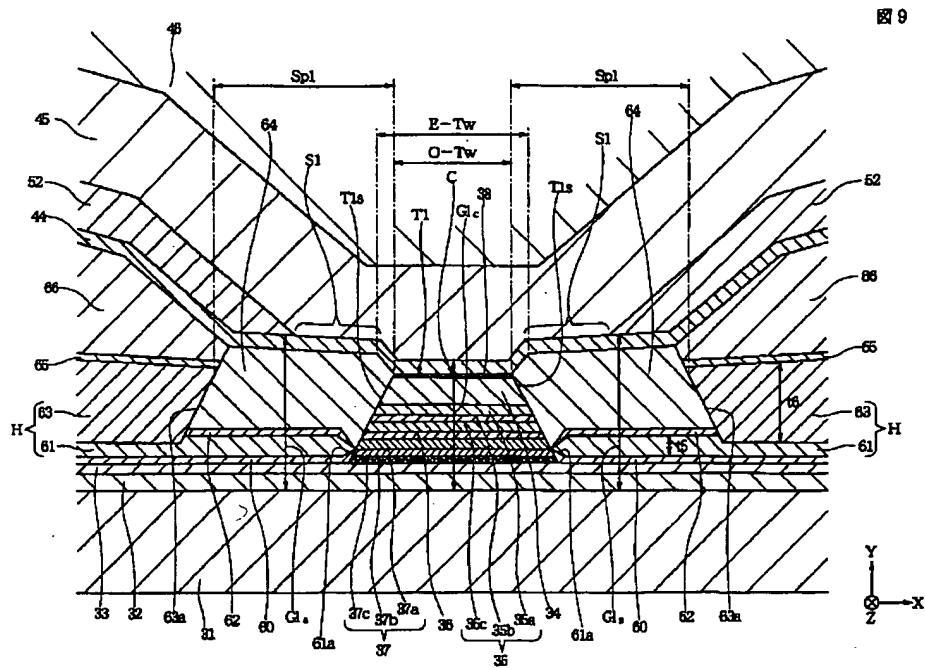




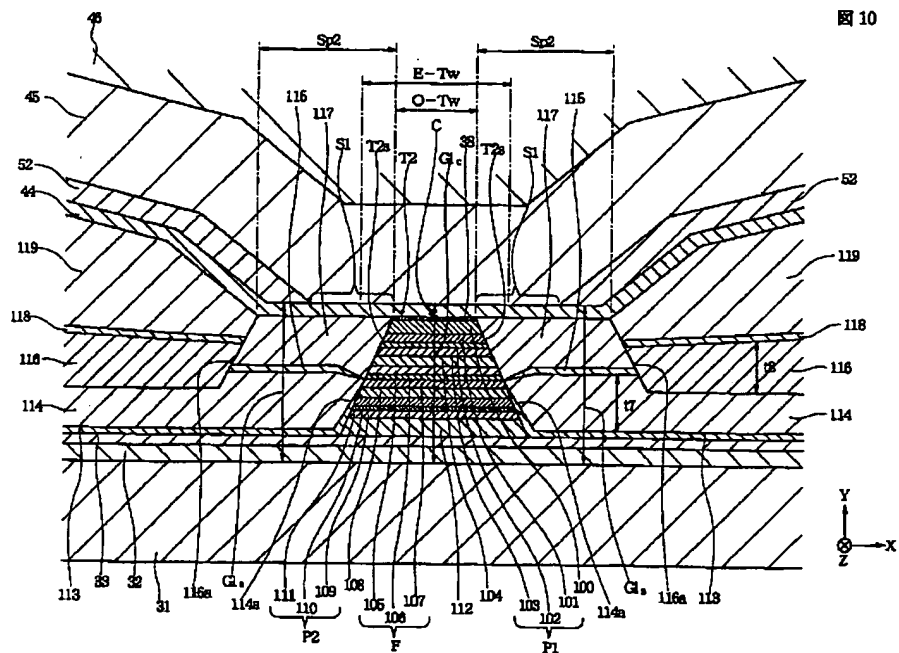
[Drawing 8]



[Drawing 9]

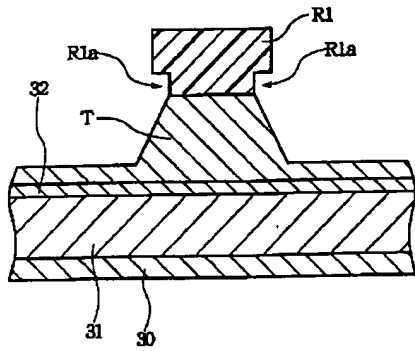


[Drawing 10]



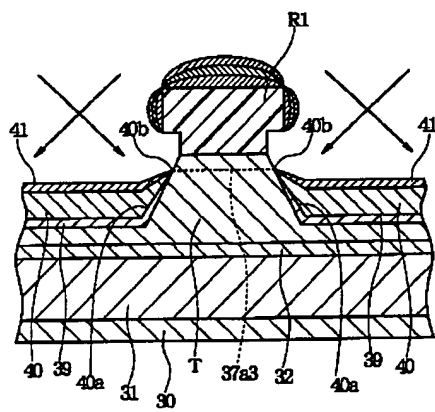
[Drawing 13]

図 13



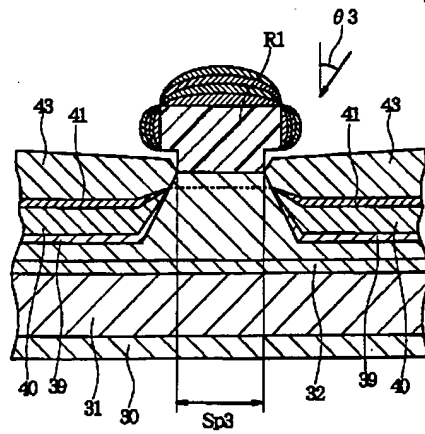
[Drawing 14]

図 14



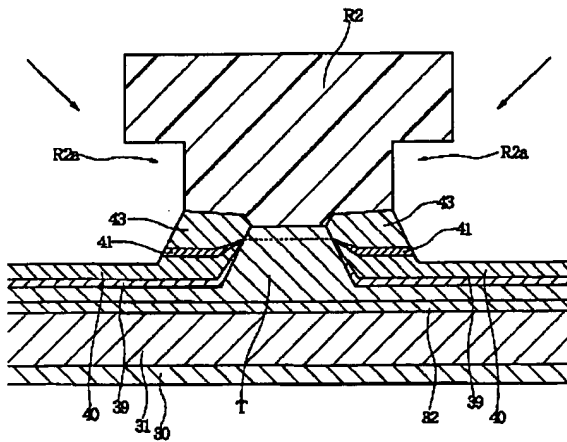
[Drawing 15]

図 15



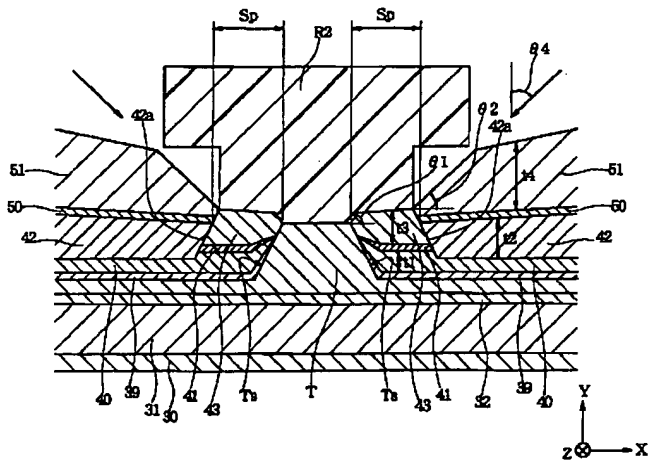
[Drawing 16]

図 16



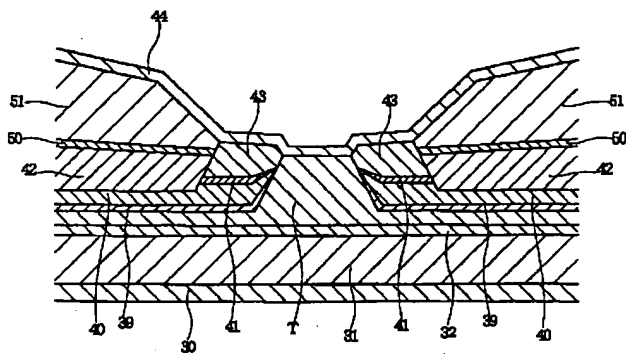
[Drawing 17]

図 17



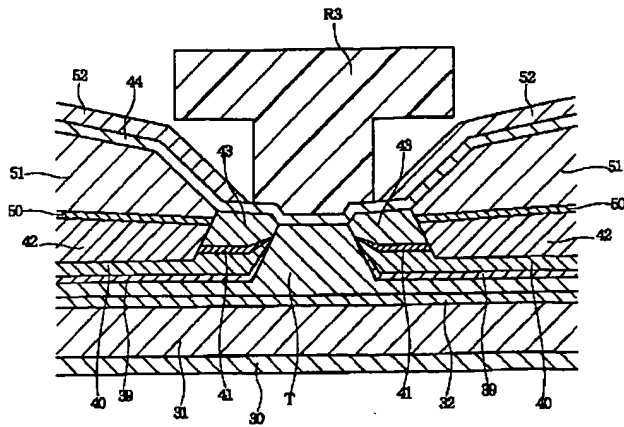
[Drawing 18]

図 18



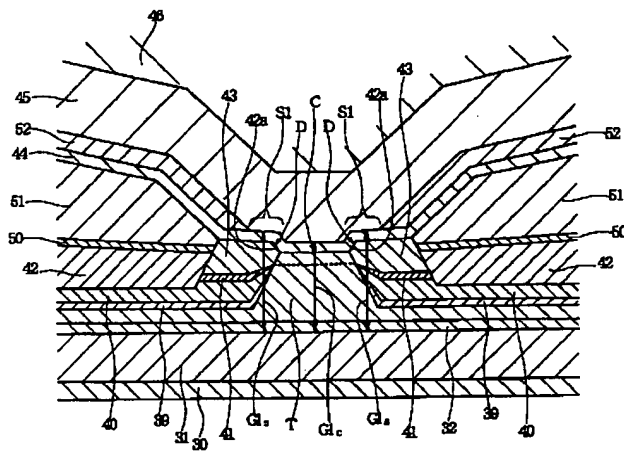
[Drawing 19]

図 19



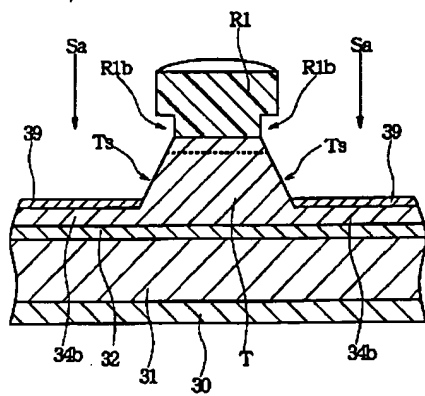
[Drawing 20]

図 20



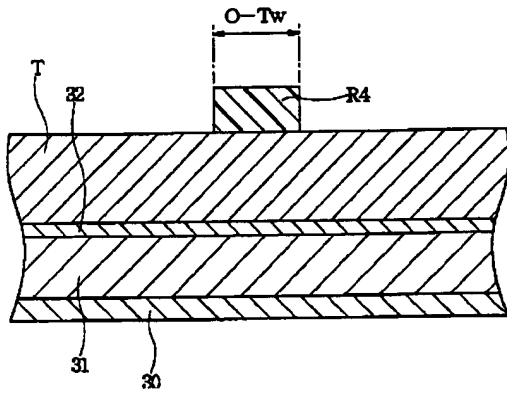
[Drawing 21]

図 21



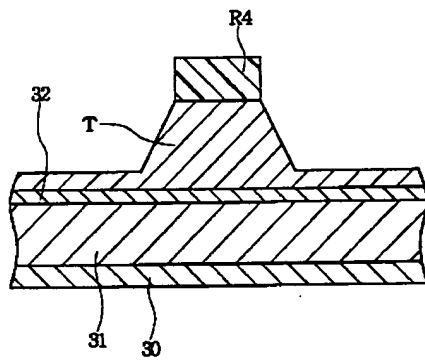
[Drawing 22]

図 22



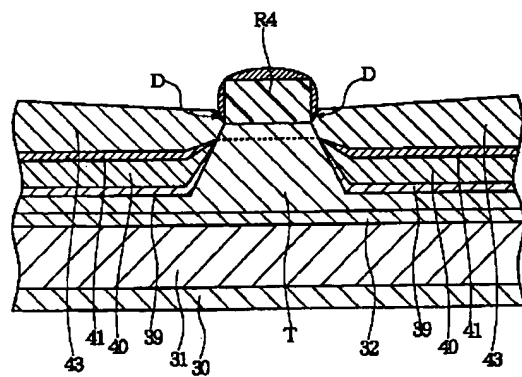
[Drawing 23]

図 23



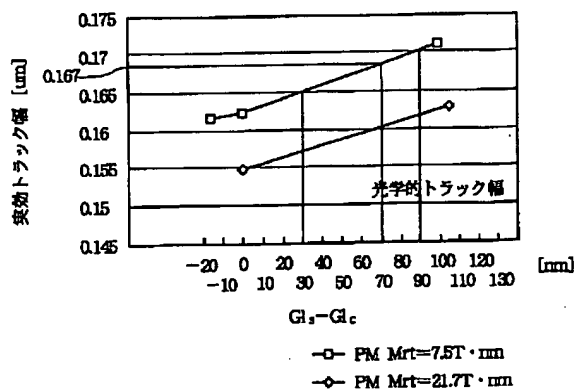
[Drawing 24]

図 24



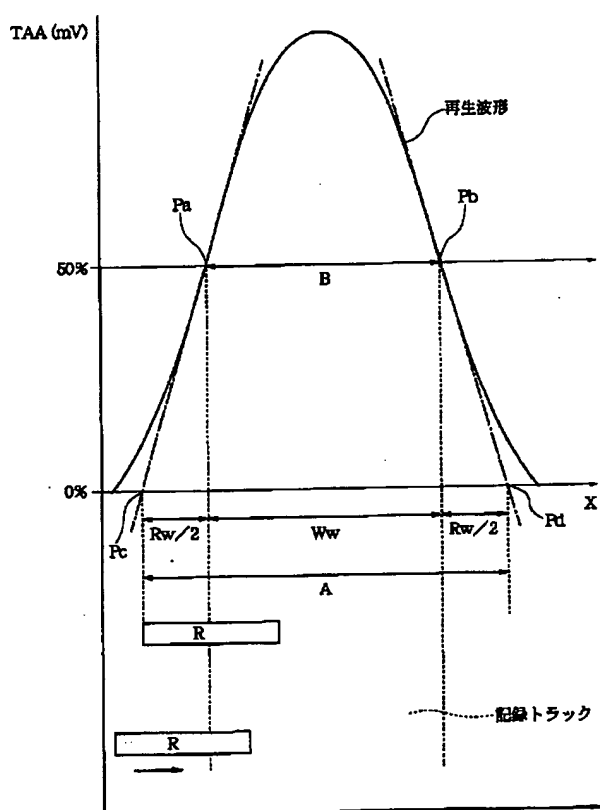
[Drawing 25]

図 25



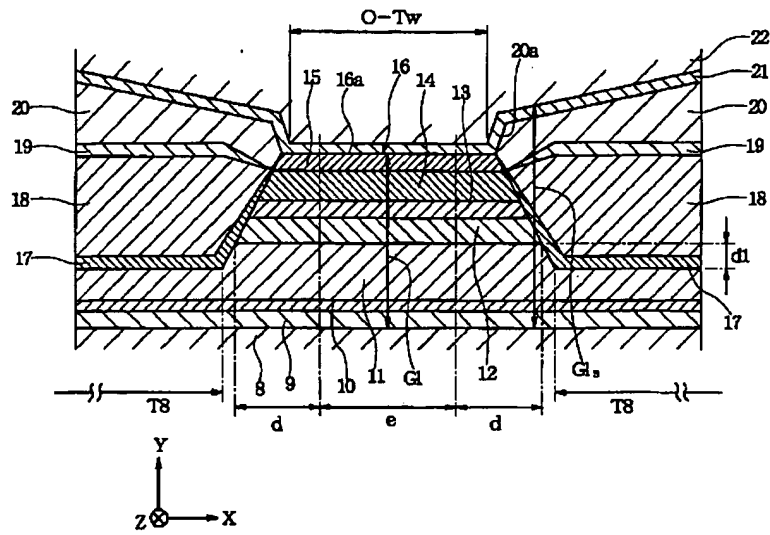
[Drawing 26]

図 26



[Drawing 27]

☒ 27



[Translation done.]



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ ~~FADED~~ TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**